



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ – ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ
ΔΗΤΗΣ: ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Α.Μ. ΣΤΑΜΑΤΕΛΛΟΣ



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΥΜΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΙΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ 20ου ΑΙΩΝΑ: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟ ΠΛΙΝΘΟΚΕΡΑΜΟΠΟΙΕΙΟ Ν. & Σ. ΤΣΑΛΑΠΑΤΑ (1925-1977)

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ:
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ**

ΥΠΟ

Αθανασίου Σ. Σισμανίδη
Διπλ. Μηχανολόγου Μηχανικού

Επιβλέπων Καθηγητής:
Αναστάσιος Σταματέλλος

ΒΟΛΟΣ, Φεβρουάριος 2005



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 751/1
Ημερ. Εισ.: 22-05-2005
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
338.094 954
ΣΙΣ

© 2005 Αθανάσιος Σισμανίδης

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Πενταμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής Δρ. Σταματέλλος Αναστάσιος
(Επιβλέπων) Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων
Μηχανικών Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Μποντόζογλου Βασίλειος
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Σταμάτης Αναστάσιος
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τέταρτος Εξεταστής Δρ. Σταπουντζής Ερρίκος
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων
Μηχανικών Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Πέμπτος Εξεταστής Δρ. Παπαδημητρίου Κωνσταντίνος
Αν. Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Βιομηχανικό Μουσείο που έχει προβλεφθεί στα πλαίσια της αποκατάστασης του Πλινθοκεραμοποιείου Τσαλαπάτα, φιλοξενεί επί του παρόντος αρκετές ενδιαφέρουσες μηχανές, συσκευές και τμήματα εγκαταστάσεων από το παλαιό αυτό κεραμοποιείο, το οποίο ήταν ιδιαίτερα αξιόλογο για την εποχή που δημιουργήθηκε (προπολεμικά). Ιδιαίτερα αξιοσημείωτη ήταν η παραγωγή και διαχείριση της ενέργειας, καθώς αυτή προέβλεπε συμπαραγωγή θερμότητας (σε μορφή ατμού), μηχανικής ισχύος (ατμομηχανές) και ηλεκτρισμού.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία πρώτη έμπρακτη εκδήλωση του ενδιαφέροντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για παραπέρα αξιοποίηση, για εκπαιδευτικούς και άλλους ευγενείς σκοπούς, του Βιομηχανικού Μουσείου και γενικότερα του Συγκροτήματος Τσαλαπάτα, ενδιαφέρον το οποίο ευνοείται από τη μικρή απόσταση του συγκροτήματος από τις εγκαταστάσεις της Πολυτεχνικής Σχολής στο Πεδίον του Άρεως.

Στόχοι της εργασίας είναι οι παρακάτω:

- Να αποτυπώσει και να τεκμηριώσει τη διαδικασία παραγωγής, με έμφαση στην παραγωγή και κατανάλωση της θερμικής και μηχανικής ενέργειας, όπως αυτή εξελίχθηκε στις διάφορες φάσεις λειτουργίας του Εργοστασίου.
- Να καταγράψει τον σωζόμενο Ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό (λέβητες, ατμομηχανές, ηλεκτρογεννήτριες, πρέσες, μετάδοση ισχύος, βαγονέτα κτλ), και να συλλέξει στοιχεία τεκμηρίωσής από διάφορες πηγές για την καλύτερη προβολή του.
- Να προχωρήσει σε ανάλυση λειτουργίας, καταγραφή γεωμετρικών και θερμικών δεδομένων σχεδιασμού και ενεργειακή ανάλυση των κύριων θερμικών διεργασιών παραγωγής κεραμιδιών και τούβλων στο Εργοστάσιο, (Κάμινος, παλαιά και νέα ξηραντήρια), και να προβεί σε συγκρίσεις με τα αντίστοιχα αδιαστατοποιημένα δεδομένα σύγχρονων Εργοστασίων, και τέλος
- Να προτείνει τρόπους προβολής συγκεκριμένων διεργασιών του Εργοστασίου, ώστε να λειτουργήσει καλύτερα η εκπαιδευτική και επιδεικτική συνιστώσα του Βιομηχανικού Μουσείου, με έμφαση στο ρόλο του Μηχανολόγου Μηχανικού στο σχεδιασμό σύνθετων Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων με Συμπαραγωγή.

ABSTRACT

The Industrial Museum, planned within the framework of the restoration of the «Tsalapatas» brick and tiles factory, accommodates, for the time being, several interesting facilities, machinery, appliances and parts from the old factory, which was a remarkable engineering achievement of the pre-war era. Particularly remarkable was the power production and management, since it anticipated the co-generation of heat (in the form of steam), mechanical force (steam engines), and electricity.

This diploma thesis is a demonstration of the interest of the University of Thessaly, for the further exploitation of the Industrial Museum and the Tsalapata Complex in general, for educational and related purposes, an interest that is favored by the small distance between the Complex and the facilities of the School of Engineering in the “Pedion Areos” area.

The aims of this thesis are the following:

- To reflect and document the production process, with an emphasis on the generation and consumption of thermal and mechanical energy, as it has evolved during the different phases of the Factory’s operation.
- To record the main mechanical and electrical equipment (boilers, steam engines, electric generators, presses, conveyors, power transmission, trolleys, etc) and to collect technical data thereof from different existing sources for its better documentation.
- To proceed to an analysis of the plant operation, the recording of geometrical and thermal design data and the energy analysis of the basic thermal processes for the production of tiles and bricks in the factory, (kiln, old and new drying plants). Further, to perform comparisons with the respective data of modern factories, and finally
- To suggest ways for the display of the factory’s specific operations, in order for the educational and exhibitional component of the Industrial Museum to perform better, emphasizing on the role of the Mechanical Engineer in the design of complex industrial co-generation facilities.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1	Εισαγωγή	8
1.1	Λειτουργία και βαθμός εκμετάλλευσης συστημάτων συμπαραγωγής ..	9
1.2	Βασικές αρχές.....	10
1.3	Ο ρόλος και η εξέλιξη της Συμπαραγωγής στον 20 ^ο & 21 ^ο αιώνα	12
1.4	Οφέλη της Συμπαραγωγής	13
2	Περιγραφή λειτουργίας του προπολεμικού πλινθοκεραμοποιείου N. & Σ. Τσαλαπάτα	15
2.1	Παραγωγή προϊόντων	15
2.1.1	Εισαγωγή.....	15
2.1.2	Διάγραμμα ροής	16
2.1.3	Η πρώτη ύλη	18
2.1.4	Επεξεργασία πρώτης ύλης	19
2.1.5	Διαμόρφωση υγρών προϊόντων.....	20
2.2	Ξήρανση προϊόντων	23
2.2.1	Παλαιά ξηραντήρια	23
2.2.2	Νέα ξηραντήρια.....	24
2.3	Παραγωγή θερμότητας	25
2.3.1	Κάμιнос (Hoffman)	25
2.4	Παραγωγή ισχύος.....	27
2.4.1	Συμπαραγωγή κινητήριας ισχύος και ωφέλιμης θερμότητας	27
2.5	Παραγωγή ατμού	30
2.5.1	Λειτουργία ατμολέβητα	30
2.5.2	Παράσταση του κύκλου των ατμομηχανών σε διάγραμμα T-s	31
3	Περιγραφή λειτουργίας του σύγχρονου πλινθοκεραμοποιείου	
BEAK A.E.....	34	
3.1	Διαδικασία παραγωγής	34
3.1.1	Εισαγωγή.....	34
3.1.2	Η πρώτη ύλη	35
3.1.3	Επεξεργασία πρώτης ύλης	35
3.1.4	Μορφοποίηση προϊόντων	35
3.1.5	Ξήρανση	36
3.1.6	Ψήσιμο	37

4	Ενεργειακοί υπολογισμοί	38
4.1	Εκτίμηση ποσότητας παραγωγής	38
4.1.1	Εκτίμηση κατανάλωσης καύσιμης ύλης ατμομηχανών	38
4.1.2	Εκτίμηση κατανάλωσης καύσιμης ύλης φούρνου Hoffman	41
4.1.3	Η συνολική κατανάλωση καυσίμου στο εργοστάσιο	43
4.2	Ατμομηχανές – Ατμολέβητες	44
4.2.1	Μικροί λέβητες	45
4.2.2	Μεγάλος λέβητας	45
4.2.3	Σύνοψη λεβήτων	45
4.3	Παραγωγή Μηχανικής – Ηλεκτρικής Ενέργειας	46
4.4	Βασικοί υπολογισμοί φούρνου Hoffman	48
4.5	Υπολογισμοί παλαιών ξηραντηρίων	51
4.5.1	Ατμός	51
4.5.2	Αέρας από φούρνο Hoffman	52
4.5.3	Υπολογισμοί θερμικής ισχύος που ανακτάται από το φούρνο Hoffman	53
4.5.3.1	Υπολογισμός πτώσης πίεσης του δικτύου σωληνώσεων φούρνου – παλαιών ξηραντηρίων	53
4.5.3.2	Θερμός αέρας - Θερμικοί υπολογισμοί ανάκτησης	56
4.6	Υπολογισμοί νέων ξηραντηρίων	57
4.7	Σύνοψη ξηραντηρίων	58
5	Κατευθύνσεις Βελτιστοποίησης	59
5.1	Ανάλυση συντελεστών κόστους τελικού προϊόντος	59
5.2	Εκτίμηση κόστους παραγωγής τελικού προϊόντος στο πλινθοκεραμοποιείο Ν. & Σ. Τσαλαπάτα	61
5.2.1	Σύγκριση των δύο περιόδων	64
5.2.2	Σύγκριση με σημερινά δεδομένα	65
5.3	Παράγοντες κόστους	66
5.3.1	Ενέργεια	66
5.3.2	Εργατικά	66
5.3.3	Συντήρηση	67
5.3.4	Αποσβέσεις – Πάγια έξοδα	67
5.3.5	Πρώτες ύλες	68

5.3.6	Λοιπά έξοδα	68
5.3.7	Αστάθμητοι παράγοντες.....	69
6	Συμπεράσματα.....	70
6.1	Ιδιαιτερότητες του πλινθοκεραμοποιείου Ν & Σ Τσαλαπάτα	70
6.2	Συμπεράσματα για τη λειτουργία του εργοστασίου	71
6.3	Επίλογος.....	72
7	Σχέδια εγκαταστάσεων – εξοπλισμού	74
7.1	Απόσπασμα διαγράμματος κάλυψης.....	75
7.1.1	Διάγραμμα κάλυψης πορείας του ατμού από τους ατμολέβητες προς τα ξηραντήρια	76
7.1.2	Διάγραμμα κάλυψης πορείας του θερμού αέρα από το φούρνο Hoffman προς τα ξηραντήρια	77
7.2	Λεπτομέρειες φούρνου Hoffmann και εσωτερικού αγωγού ανάκτησης θερμού αέρα από φούρνο (κάτοψη)	78
7.3	Εγκάρσια τομή φούρνου Hoffman	79
7.3.1	Λεπτομέρειες φούρνου Hoffman και εσωτερικού αγωγού ανάκτησης θερμού αέρα από φούρνο (τομή).....	80
7.4	Επεξηγηματικό διάγραμμα λειτουργίας φούρνου Hoffman	81
7.5	Αίθουσα παραγωγής	82
7.6	Λεβητοστάσιο	83
7.7	Λέβητες των 32 και των 57 m ²	84
8	Παραρτήματα	85
9	Βιβλιογραφία.....	90

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Από τις αρχές του 18ου αιώνα η πλινθοκεραμοποιία αποτέλεσε μια από τις πιο γρήγορα αναπτυσσόμενες βιομηχανίες σε ολόκληρο τον κόσμο. Η ανάγκη των ανθρώπων για ασφαλή στέγη και η βελτίωση της ποιότητας ζωής, που μπορούσαν να παρέχουν τα κεραμικά προϊόντα (κεραμίδια - τούβλα) συνετέλεσαν στην άνθηση του συγκεκριμένου κλάδου. Η παραγωγή εντάθηκε στις αρχές του 19ου αιώνα, κυρίως εξαιτίας των νέων μεθόδων με αυτοματοποιημένες διαδικασίες που αντικατέστησαν τις πολλές και επίπονες χειρωνακτικές εργασίες.

Το πλινθοκεραμοποιείο Ν. & Σ. Τσαλαπάτα στην πόλη του Βόλου, αποτέλεσε ένα από τα πρώτα εργοστάσια του είδους του στην Ελλάδα στις αρχές του περασμένου αιώνα και το τελειότερο από άποψη οργάνωσης και μηχανολογικού εξοπλισμού στην ανατολική Μεσόγειο [28].

Μέσω της συγκεκριμένης εργασίας γίνεται μια προσπάθεια απεικόνισης και περιγραφής των λειτουργιών του εργοστασίου όπως προκύπτουν από τις περιγραφές του τελευταίου ιδιοκτήτη κ. Α. Τσαλαπάτα, το σωζόμενο υλικό (μηχανήματα) και διάφορες καταγραφές σε παλαιότερα συγγράμματα.

Η δομή της εργασίας αναλύεται ως εξής:

Στο πρώτο κεφάλαιο υπάρχουν κάποια εισαγωγικά στοιχεία, κυρίως για τη μέθοδο της συμπαραγωγής θερμότητας και μηχανικής – ηλεκτρικής ενέργειας που εφαρμοζόταν στο εργοστάσιο και κρίνεται αξιόλογη για την εποχή της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται η λειτουργία του πλινθοκεραμοποιείου, όπως προέκυψε από τις περιγραφές του κ. Α. Τσαλαπάτα, ο οποίος επί σειρά ετών χρημάτισε υπεύθυνος Μηχανολόγος Μηχανικός του Εργοστασίου [1].

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή για ένα σύγχρονο αντίστοιχο εργοστάσιο (BEAK Α.Ε.).

Το τέταρτο κεφάλαιο, που αποτελεί ίσως το πιο βασικό κομμάτι αυτής της εργασίας, περιέχει διάφορους υπολογισμούς για την ισχύ, την απαιτούμενη θερμότητα και τις καταναλώσεις των εγκαταστάσεων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μια προσπάθεια εκτίμησης του κόστους παραγωγής των προϊόντων.

Στο έκτο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από το σύνολο της εργασίας και τέλος,

Στο έβδομο παρατίθενται τα σχέδια του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων.

Πιστώσεις:

Η παρούσα εργασία δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί εάν δεν υπήρχε η βοήθεια ορισμένων ανθρώπων και τους οποίους θα ήθελα σε αυτό το σημείο να ευχαριστήσω.

Πρώτο, δικαιωματικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Δρ. Αναστάσιο Σταματέλλο. Η εμπιστοσύνη που έδειξε στο άτομό μου με την ανάθεση αυτής της εργασίας με τιμά. Του είμαι ευγνώμων για τις πολύτιμες γνώσεις που μου μετέδιδε στην προσπάθεια απόκτησης του Μεταπτυχιακού Διπλώματος και ειδικότερα για τις συμβουλές του για την επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας. Ελπίζω να φάνηκα αντάξιος των προσδοκιών του. Ευχαριστώ, ακόμη, τον υποψήφιο Διδάκτορα Γιώργο Κωνσταντά για το χρόνο που αφιέρωνε στην επίλυση προβλημάτων που συνεχώς προέκυπταν στην προσπάθεια βελτιστοποίησης της εργασίας. Χωρίς τη βοήθεια και τη συμπαράστασή του το αποτέλεσμα δεν θα ήταν το ίδιο.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τον τελευταίο ιδιοκτήτη και μηχανολόγο μηχανικό του πλινθοκεραμοποιείου κ. Άρη Τσαλαπάτα. Οι γνώσεις και οι συμβουλές του συνέβαλαν τα μέγιστα τόσο στη συγγραφή του κειμένου όσο και στους υπολογισμούς που βρίσκονται σε αυτό. Η εμπειρία του με βοήθησε να κατανοήσω καλύτερα το ρόλο του μηχανολόγου και να αγαπήσω περισσότερο το αντικείμενο που σπούδασα.

Στην επιτυχή περάτωση της εργασίας στάθηκε αρωγός και ο διευθυντής του πλινθοκεραμοποιείου της BEAK A.E. στην πόλη της Κομοτηνής κ. Αυγουστίδης Πέτρος. Οι συνεχείς απορίες μου επιλύονταν με τον πιο απλό τρόπο και με βοήθησαν να κατανοήσω καλύτερα τον κλάδο της κεραμουργίας. Του αξίζει, λοιπόν, ένα μεγάλο ευχαριστώ.

Αφιερώνεται στους γονείς μου...

1 Εισαγωγή

Είναι γνωστό ότι η παραγωγή κεραμικών υλικών, όπως τα τούβλα και τα κεραμίδια, είναι από τους πλέον ενεργοβόρους κλάδους της βιομηχανίας εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών που απαιτούνται για το ψήσιμο. Ταυτόχρονα, είναι ένας κλάδος που παρουσιάζει σημαντικά περιθώρια για εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και για εφαρμογές συμπαραγωγής μηχανικής και θερμικής ενέργειας. Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι αυτού του είδους οι δυνατότητες είναι γνωστές από τις αρχές του 20ού αιώνα, όπως προκύπτει από τη μελέτη της παραγωγικής διαδικασίας στο υπό ανάδειξη Κεραμοποιείο Ν. & Σ. Τσαλαπάτα της πόλης του Βόλου, που αποτελεί θέμα της εργασίας αυτής.

Ο συμβατικός τρόπος κάλυψης των ενεργειακών αναγκών αφενός μεν για ισχύ κίνησης, αφετέρου δε για θερμότητα είναι η αγορά ηλεκτρισμού από το εθνικό δίκτυο και η καύση κάποιας πρώτης ύλης (σε λέβητα, κλίβανο, κ.λ.π.) αντίστοιχα. Η συνολική κατανάλωση καυσίμων μειώνεται ωστόσο σημαντικά, εάν εφαρμοσθεί η Συμπαραγωγή (Cogeneration ή Combined Heat and Power, CHP [2]).

Συμπαραγωγή είναι η παραγωγή δύο ή περισσότερων μορφών χρήσιμης ενέργειας από μια μόνο κύρια πηγή.

Το γεγονός, ωστόσο, ότι οι πιο κοινές μορφές ενέργειας είναι η θερμική και η μηχανική που συχνά με κατάλληλες διατάξεις μετατρέπεται σε ηλεκτρική οδήγησε στον παρακάτω ορισμό που συναντάται τις περισσότερες φορές στη βιβλιογραφία:

Συμπαραγωγή είναι η συνδυασμένη παραγωγή ηλεκτρικής (ή μηχανικής) ενέργειας με ταυτόχρονη αξιοποίηση της παραγόμενης θερμότητας (θερμική ενέργεια) από τη μια μόνο αρχική πηγή και στο πλαίσιο μιας μόνο διαδικασίας.

1.1 Λειτουργία και βαθμός εκμετάλλευσης συστημάτων συμπαραγωγής

Κατά τη λειτουργία ενός συστήματος ή μιας μηχανής, μεγάλα ποσά θερμότητας αποβάλλονται στο περιβάλλον, είτε μέσω των ψυκτικών κυκλωμάτων (συμπυκνωμάτων ατμού, πύργων ψύξης, ψυγείων νερού κινητήρων Diesel, κ.α.), είτε μέσω των καυσαερίων (αεριοστροβίλων, κινητήρων Diesel, κινητήρων Otto, κ.α.). Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της θερμότητας μπορεί να ανακτηθεί και να χρησιμοποιηθεί ωφέλιμα. Έτσι, ενώ τα συνηθισμένα συστήματα και οι μηχανές παραγωγής οποιασδήποτε μορφής ενέργειας έχουν βαθμό απόδοσης 30-45%, ο βαθμός εκμετάλλευσης των συστημάτων συμπαραγωγής φθάνει το 80-90%. Μια τυπική σύγκριση, ως προς το βαθμό εκμετάλλευσης της συμπαραγωγής με το βαθμό απόδοσης της χωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού ή μηχανικής ισχύος και θερμότητας παρουσιάζουν το Σχήμα 1-1 και το Σχήμα 1-2:



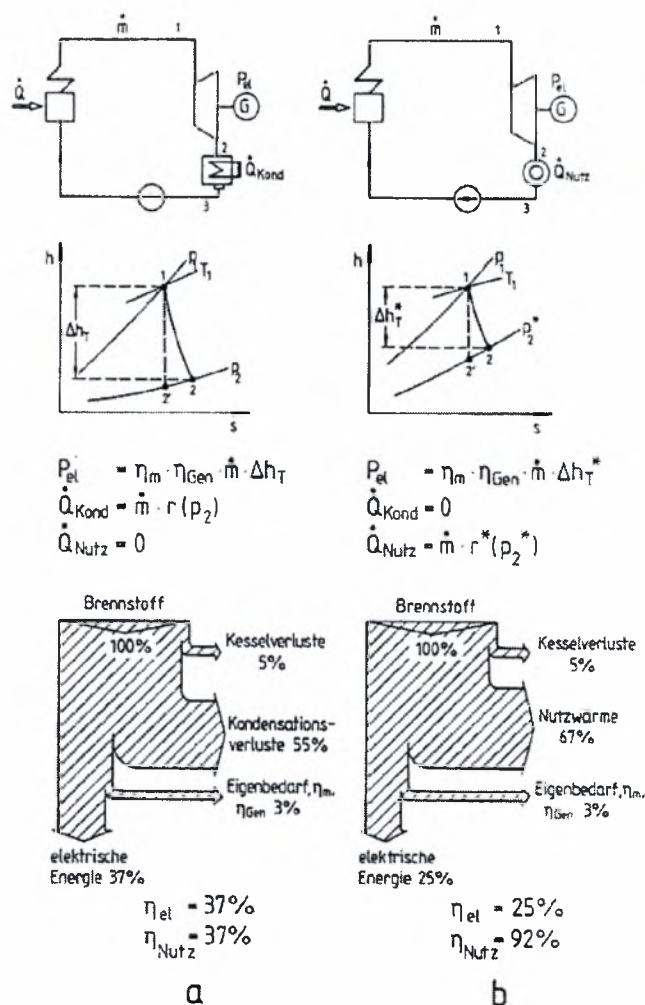
Σχήμα 1-1 Συμβατικό σύστημα παραγωγής ενέργειας



Σχήμα 1-2 Σύστημα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας

1.2 Βασικές αρχές

Η ταυτόχρονη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ατμού διεργασιών ή θερμότητας είναι δυνατή με ορθολογικό και θερμοδυναμικώς βέλτιστο τρόπο στις λεγόμενες διατάξεις συμπαραγωγής μηχανικής και θερμικής ισχύος. Οι βασικές αρχές λειτουργίας επεξηγούνται στο Σχήμα 1-3.



Σχήμα 1-3 Βασική αρχή συμπαραγωγής μηχανικής – θερμικής ισχύος. (α) Διατάξεις με συμπύκνωση, (β) διατάξεις συμπαραγωγής με αντίθλιψη.

Η περίπτωση (α) αφορά μία συμβατική διάταξη ατμοστροβίλου όπου ενδιαφέρει η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος, οπότε η εκτόνωση γίνεται μέχρι τη χαμηλότερη δυνατή αντίθλιψη, και επομένως η συμπύκνωση λαμβάνει χώρα σε εκείνη την πίεση που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία περιβάλλοντος (π.χ. απόλυτη πίεση 0.04 bar αντιστοιχεί σε θερμοκρασία συμπύκνωσης 30°C). Η περίπτωση (β) αφορά μία διάταξη συμπαραγωγής,

όπου η εκτόνωση γίνεται σε μεγαλύτερη αντίθλιψη, η οποία αντιστοιχεί σε υψηλότερη θερμοκρασία συμπύκνωσης. Έτσι η απορριπτόμενη θερμότητα συμπύκνωσης μπορεί να έχει θερμοκρασιακό επίπεδο κατάλληλο για τις απαιτήσεις κάποιας πρακτικής εφαρμογής. Για παράδειγμα, εκτόνωση μέχρι τα επίπεδα των 2 bar αντιστοιχεί σε θερμοκρασία συμπύκνωσης τάξης 120 °C, κατάλληλη για θέρμανση χώρων με την απορριπτόμενη θερμότητα συμπύκνωσης, ενώ η εκτόνωση μέχρι τα επίπεδα των 20 bar οδηγεί σε παραγωγή ατμού θερμοκρασίας 211 °C, κατάλληλου για αρκετές βιομηχανικές διεργασίες. Με βάση την καμπύλη πίεσης ατμών νερού σε κατάσταση κορεσμού, προκύπτει η αντιστοιχία μεταξύ πιέσεων και θερμοκρασιών συμπύκνωσης που δείχνει ο Πίνακας 1-1.

Πίνακας 1-1 Θερμοδυναμικές συντεταγμένες ατμού διεργασίας που αντιστοιχούν στην καμπύλη πίεσης ατμών νερού σε κατάσταση κορεσμού.

Dampfdruck (bar)	2	3	5	10	15	20	30	40
Temperatur (°C)	120	133	151	179	197	211	233	249

Φυσικά, ο βαθμός απόδοσης του κύκλου όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος μειώνεται όσο αυξάνει η αντίθλιψη, αλλά πλέον έχουμε συμπαραγωγή και θερμικής ισχύος ως επιπλέον προϊόν του κύκλου. Θεωρητικά, εάν η διάταξη συμπαραγωγής είναι ορθολογικά σχεδιασμένη από το μηχανικό, μπορεί να γίνεται εκμετάλλευση του συνόλου της θερμότητας συμπύκνωσης, ως θερμότητας χρήσης ή ατμού διεργασίας σε αυξημένη θερμοκρασία, ενώ στο συμβατικό κύκλο είχαμε απόρριψη στο περιβάλλον θερμότητας με αμελητέα εξέργεια. Τα διαγράμματα h-s των απλοποιημένων διατάξεων στο Σχήμα 1-3, απεικονίζουν συγκριτικά την κατάσταση σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα διαγράμματα Sankey. Συνολικά, μπορεί να πει κανείς ότι με τέτοιες διατάξεις συμπαραγωγής επιτυγχάνεται βαθμός εκμετάλλευσης της θερμότητας που παράγεται από την καύση του καυσίμου που προσεγγίζει το βαθμό απόδοσης του λέβητα. Εδώ, χρησιμοποιώντας τους συμβολισμούς στο Σχήμα 1-3 μπορεί να οριστεί ο λεγόμενος λόγος ηλεκτρικής προς θερμική ισχύ, όπως παρακάτω:

$$\sigma = \frac{P_{el}}{\dot{Q}_H} = \frac{h_1 - h_2}{h_3 - h_4} = \frac{1}{\frac{1}{n_{el}} - 1} \quad (1.1)$$

Με την απλοποιημένη διάταξη αντίθλιψης που περιγράφηκε, οδηγούμαστε σε εξάρτηση των τιμών λόγου ηλεκτρικής προς θερμική ισχύ από την αντίθλιψη όπως δείχνει ο Πίνακας 1-2.

Πίνακας 1-2 Εξάρτηση λόγου ηλεκτρικής προς θερμική ισχύ από την αντίθλιψη σε απλές διατάξεις συμπαραγωγής (θερμοκρασία ζωντανού ατμού 500°C, πίεση 120 bar, βαθμός απόδοσης λέβητα $\eta_k=0.85$).

Gegendruck (bar)	1	2	5	10	20	30	40	50
$\frac{\sigma}{(kW_{el}/kW_{th})}$	0,403	0,359	0,297	0,246	0,191	0,155	0,128	0,100

Εδώ μπορεί να οριστεί ένας συνολικός βαθμός εκμετάλλευσης:

$$n_{Nutz} = \frac{P_{el} + \dot{Q}_H}{\dot{Q}_B} = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{Q}_B} (\sigma + 1) \quad (1.2)$$

Ο παραπάνω βαθμός μπορεί να ξεπεράσει το 90%.

1.3 Ο ρόλος και η εξέλιξη της Συμπαραγωγής στον 20^ο & 21^ο αιώνα

Η ανοδική πορεία στη διάδοση της συμπαραγωγής συνοδεύτηκε και από αξιοσημείωτη πρόοδο της σχετικής τεχνολογίας. Οι βελτιώσεις και εξελίξεις συνεχίζονται ακόμη και σήμερα και νέες τεχνικές αναπτύσσονται και δοκιμάζονται, αλλά ήδη η συμπαραγωγή έχει φθάσει σε επίπεδο ωριμότητας με αποδεδειγμένη αποδοτικότητα και αξιοπιστία. Μια μεγάλη ποικιλία συστημάτων, από άποψη είδους, μεγέθους και λειτουργικών χαρακτηριστικών, είναι διαθέσιμη.

Η Συμπαραγωγή πρωτοεμφανίστηκε στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α. γύρω στα 1890 [3]. Κατά τις πρώτες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα, οι περισσότερες βιομηχανίες είχαν δικές τους μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με ατμολέβητα-

στρόβιλο, που λειτουργούσαν με άνθρακα. Πολλές από τις μονάδες αυτές είχαν κατασκευαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να παράγονται τουλάχιστον δύο μορφές ενέργειας (συμπαραγωγή). Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι περίπου το 58% του ηλεκτρισμού, που παραγόταν σε βιομηχανίες των Η.Π.Α. στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, προερχόταν από μονάδες συμπαραγωγής.

Κατόπιν ακολούθησε κάμψη κυρίως για δύο λόγους:

- α) ανάπτυξη των εθνικών και διεθνών δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρισμού, που προσέφεραν σχετικά φθηνή και αξιόπιστη ηλεκτρική ενέργεια, και
- β) διαθεσιμότητα υγρών καυσίμων και φυσικού αερίου σε χαμηλές τιμές, που έκανε τη λειτουργία λεβήτων οικονομικά συμφέρουσα.

Εδώ όμως πρέπει να τονιστεί ότι, από άποψη εξοικονόμησης ενέργειας και προστασίας του περιβάλλοντος, η ξεχωριστή παραγωγή κίνησης και θερμότητας έχει αρνητικά αποτελέσματα. Αλλά μέχρι τα μέσα του 20^{ου} αιώνα υπήρχε αδιαφορία για τα δύο αυτά σημαντικά προβλήματα με αποτέλεσμα τη σπατάλη ενέργειας.

Συνεχίζοντας με το παράδειγμα των Η.Π.Α., η βιομηχανική συμπαραγωγή μειώθηκε στο 15% του όλου δυναμικού ηλεκτροπαραγωγής μέχρι το 1950 και έπεσε στο 5% μέχρι το 1974. Η πορεία αυτή έχει πλέον αντιστραφεί όχι μόνο στις Η.Π.Α. αλλά και σε χώρες της Ευρώπης, στην Ιαπωνία κ.α., γεγονός το οποίο οφείλεται κυρίως στην απότομη αύξηση των τιμών των καυσίμων από το 1973 (1^η ενεργειακή κρίση) και μετά.

Ενδεικτικά αξίζει να γίνει αναφορά στη Δανία, όπου η μέθοδος της συμπαραγωγής εφαρμόζεται στο σύνολο των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

1.4 Οφέλη της Συμπαραγωγής

Η συμπαραγωγή μπορεί να έχει πολλές θετικές επιδράσεις στην εξάντληση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στο σύστημα ηλεκτρισμού της χώρας, στο περιβάλλον και, γενικότερα, στην κοινωνία.

Οι συνέπειες αυτές έχουν ως εξής:

➤ Οφέλη στην Κατανάλωση Καυσίμων

Τα συστήματα συμπαραγωγής εξοικονομούν καύσιμο διότι από τα περίπου 2/3 της χημικής ενέργειας του καυσίμου, που απορρίπτονται προς το περιβάλλον κατά τη λειτουργία οποιασδήποτε θερμικής μηχανής, μετατρέπουν σημαντικό ποσοστό σε χρήσιμη θερμική ενέργεια. Με αυτόν τον τρόπο έχουν βαθμό εκμετάλλευσης σημαντικά υψηλότερο από το βαθμό απόδοσης της χωριστής παραγωγής των αντίστοιχων ποσών ηλεκτρισμού και θερμότητας.

➤ Επιδράσεις στο Σύστημα Ηλεκτρισμού της Χώρας

Προκειμένου να αντιμετωπισθεί η μελλοντική αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας, απαιτείται η κατασκευή νέων σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Η διάδοση της συμπαραγωγής αυξάνει το δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής και περιορίζει τις ανάγκες κατασκευής νέων κεντρικών σταθμών, εξασφαλίζοντας έτσι σημαντική εξοικονόμηση κεφαλαίων της εταιρείας ηλεκτρισμού [4].

Το γεγονός μάλιστα της απελευθέρωσης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας μπορεί να επιδράσει θετικά στην οικονομία τόσο της χώρας, όσο και των εταιρειών. Αρκετές και κυρίως μεγάλες επιχειρήσεις, εάν παράγουν μόνες τους την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ είναι εφικτό ταυτόχρονα να εκμεταλλεύονται και την εκλυόμενη θερμότητα.

➤ Περιβαλλοντικά Κέρδη

Χάρη στην αποδοτικότερη εκμετάλλευση του καυσίμου, η συμπαραγωγή συντελεί σε άμεση μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, με την προϋπόθεση ότι το καύσιμο που χρησιμοποιείται δεν είναι κατώτερης ποιότητας από εκείνο της ξεχωριστής παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας. Η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου συνοδεύεται επίσης από έμμεση μείωση ρύπων από τον υπόλοιπο κύκλο καυσίμου: εξόρυξη, επεξεργασία, μεταφορά, αποθήκευση.

2 Περιγραφή λειτουργίας του προπολεμικού πλινθοκεραμοποιείου Ν. & Σ. Τσαλαπάτα

2.1 Παραγωγή προϊόντων

2.1.1 Εισαγωγή

Το πλινθοκεραμοποιείο Ν. & Σ. Τσαλαπάτα αποτέλεσε ένα από τα μεγαλύτερα εργοστάσια στις αρχές του 20^{ου} αιώνα στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας [5]. Η λειτουργία του εκτείνεται χρονικά σε δύο περιόδους. Η πρώτη είναι από το 1926 έως το 1960. Ήταν η εποχή που στη χώρα δεν υπήρχε επάρκεια ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ υπήρχε διαθέσιμο φθινό εργατικό δυναμικό (το καλοκαίρι του 1930 εργαζόταν περισσότεροι από 200 εργάτες). Για το λόγο αυτό οι γραμμές παραγωγής χαρακτηρίζονταν από ένταση εργασίας και ιδιοπαραγωγή της κινητήριας ισχύος. Η ιδιοπαραγωγή ισχύος γινόταν κυρίως με θερμικές μηχανές και σε λίγες περιπτώσεις με υδραυλικές.

Στη δεύτερη περίοδο, από το 1960 έως το 1977, όταν διακόπηκε η λειτουργία του εργοστασίου, εμφανίστηκαν σημαντικές αλλαγές και συγκεκριμένα αυξήθηκε το κόστος εργασίας ενώ παράλληλα άρχισε να υπάρχει από το δίκτυο της ΔΕΗ διαθέσιμη ηλεκτρική ισχύς με ευνοϊκό κόστος. Συγχρόνως όμως στην κεντρική διοίκηση της χώρας υπήρχε παντελής άγνοια για θέματα εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς επίσης αδιαφορία και αδυναμία για τη λήψη οικονομικών και άλλων διοικητικών μέτρων με σκοπό την επίτευξη της οικονομίας ενέργειας.

Η άγνοια και η συνακόλουθη αδιαφορία και αδυναμία λήψης μέτρων συνεχίζεται μέχρι και σήμερα. Το 2000 η Ελλάδα είχε το μικρότερο αριθμό μικρών μονάδων συμπαραγωγής SSC (Small Scale Cogeneration) κατανάλωσης από 20 kWe έως 1 MWe μεταξύ των χωρών μελών της Ε.Ε. Ο αριθμός αυτός έφτανε τις 3 μονάδες, ενώ την ίδια στιγμή στην Αυστρία ο αριθμός τους άγγιζε τις 350 [6] [7].

Έτσι, κατά τη δεύτερη περίοδο κατέστη αναγκαία η μείωση, για λόγους ανταγωνιστικότητας, του προσωπικού και η εγκατάλειψη της ιδιοπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (και άρα και της συμπαραγωγής), λόγω του χαμηλού

κόστους ηλεκτρικής ενέργειας που προμήθευε η ΔΕΗ. Επομένως οι γραμμές παραγωγής οργανώθηκαν διαφορετικά.

Κύρια μορφή ενέργειας κίνησης έγινε η ηλεκτρική από το δίκτυο της ΔΕΗ (1957). Οι ατμομηχανές έπαψαν να λειτουργούν και ο ένας από τους εγκατεστημένους ατμολέβητες (57m² θερμαινόμενης επιφάνειας) μετατράπηκε σε ατμολέβητα χαμηλής πίεσης με ελεύθερη επικοινωνία με την ατμόσφαιρα για την κάλυψη των θερμικών αναγκών των παλαιών ξηραντηρίων. Συνεπώς το εργοστάσιο έγινε υποδεέστερο του προπολεμικού από πλευράς εξεργειακού βαθμού απόδοσης, και ίσως δεν είναι τυχαίο το ότι έκλεισε λίγο μετά την ενεργειακή κρίση του 1973.



εικόνα 2-1 Διαφήμιση εργοστασίου στον τύπο το 1935 [8]

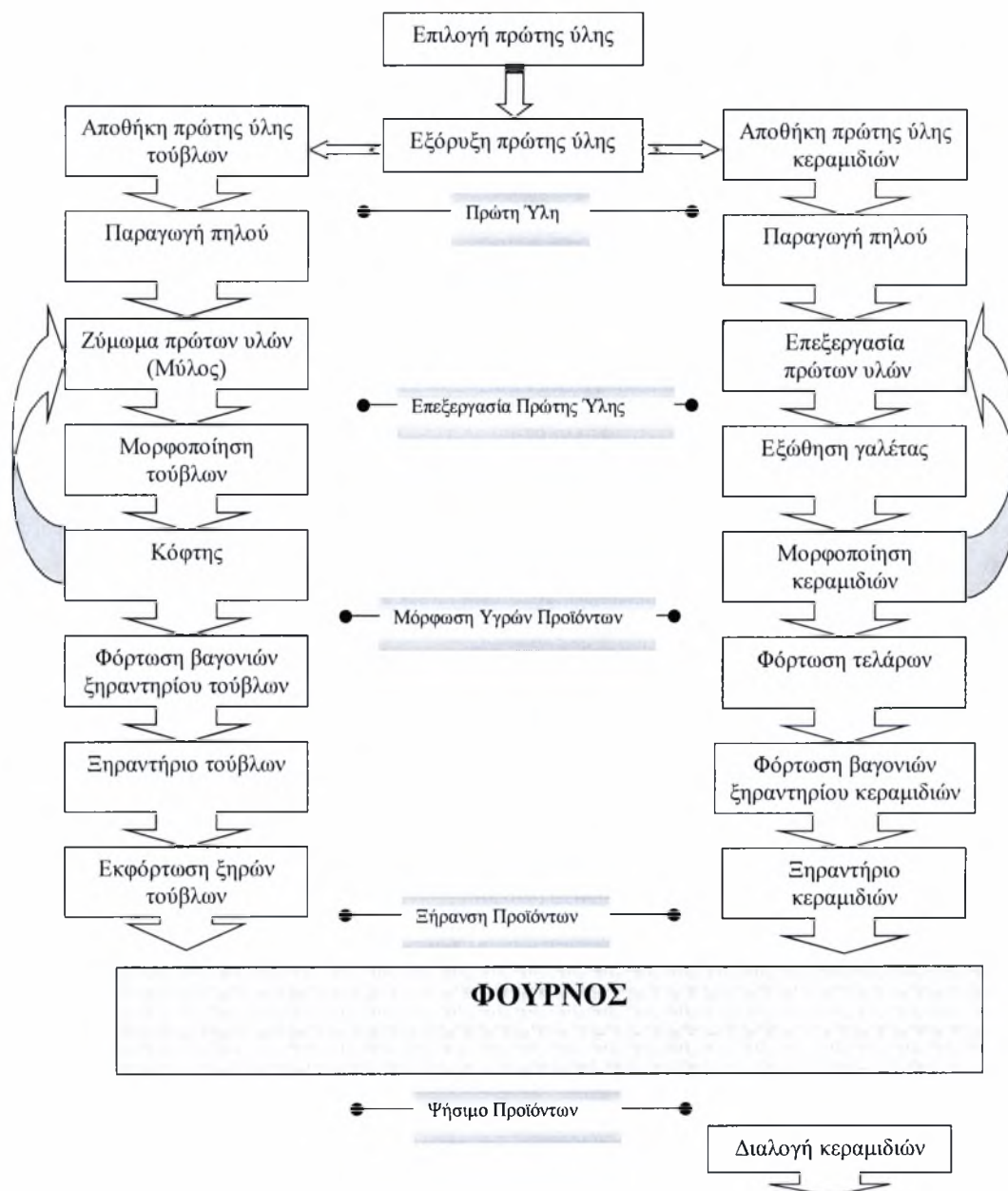
2.1.2 Διάγραμμα ροής

Το διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας στο πλινθοκεραμοποιείο Ν. & Σ. Τσαλαπάτα παρουσιάζεται στο Σχήμα 2-1. Διακρίνονται οι δύο γραμμές παραγωγής που αφορούν την παραγωγή τούβλων και την παραγωγή κεραμιδιών. Η διαφοροποίηση των δυο παραγόμενων προϊόντων βρίσκεται στις ενδιάμεσες φάσεις, καθώς η πρώτη (επιλογή πρώτων υλών) και η τελευταία (ψήσιμο προϊόντων) είναι κοινές.

Οι φάσεις της παραγωγής διακρίνονται σε πέντε κύριες κατηγορίες:

- 1) Επιλογή και αποθήκευση πρώτης ύλης
- 2) Επεξεργασία της πρώτης ύλης
- 3) Τελική μορφοποίηση των παραγόμενων προϊόντων
- 4) Ξήρανση αυτών στα παλαιά και τα νέα ξηραντήρια και
- 5) Ψήσιμο αποξηραμένων πλέον προϊόντων για διάθεσή τους στο εμπόριο.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελούν οι φάσεις 4 και 5 όσον αφορά τους θερμικούς και λοιπούς υπολογισμούς, οι οποίοι παρατίθενται αναλυτικότερα στο 4^ο κεφάλαιο. Για τις δυο προαναφερθείσες φάσεις, με τη βοήθεια εμπειρικών γνώσεων, στοιχείων από επιτόπιες μετρήσεις και πληροφοριών που προέκυψαν από εκτιμήσεις, υπολογίζονται τόσο οι θερμικές απαιτήσεις του ενεργοβόρου πλινθοκεραμοποιείου, όσο και οι καταναλώσεις καυσίμων που απαιτούνταν για να επιτευχθούν αυτές. Οι υπόλοιπες φάσεις περιγράφονται συνοπτικά στο παρόν κεφάλαιο.



Σχήμα 2-1 Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας Ν. & Σ. Τσαλαπάτα

2.1.3 Η πρώτη ύλη

Στην πρώτη φάση το αργιλώδες χώμα συλλέγεται χειροκίνητα από εργάτες (περιοχή Διμηνίου Μαγνησίας) χωρίς τη βοήθεια μηχανημάτων και μεταφέρεται στο εργοστάσιο με ιδιόκτητο συρμό (ιδιωτική γραμμή με δύο ατμάμαξες, εικόνα 2-2, οι οποίες σώζονται μέχρι σήμερα, η μία σε καλή κατάσταση). Συγχρόνως γινόταν κάποια διαλογή από τους εργάτες, οι οποίοι απομόνωναν τα ανεπιθύμητα για την παραγωγή στοιχεία του χώματος.



εικόνα 2-2 Ατμάμαξα

Στη δεύτερη φάση, η συλλογή του χώματος γίνεται από την περιοχή Αγ. Γεωργίου του Βελεστίου με εκσκαφείς και η μεταφορά με φορτηγά αυτοκίνητα.

2.1.4 Επεξεργασία πρώτης ύλης

Στην πρώτη φάση, η πρώτη ύλη για τα τούβλα μετά τη χωματοληψία μεταφερόταν κατευθείαν στα μηχανήματα μόρφωσης που λειτουργούσαν σε οκτάωρη βάρδια.

Η πρώτη ύλη των κεραμιδιών περνούσε από μια «υγρή» επεξεργασία. Δηλαδή το χώμα αναμιγνυόταν και αναδευόταν με νερό σε έναν αναμικτήρα ώστε να προκύψει ένα λεπτόρρευστο μίγμα. Το μίγμα έρεε μέσω διαύλων προς δεξαμενές μικρού βάθους. Στον αναμικτήρα και στη ροή από τους διαύλους διαχωριζόταν με καθίζηση πέτρες, άμμος και άλλα ανεπιθύμητα στοιχεία. Στις δεξαμενές με πρόσθετη καθίζηση απομακρυνόταν η μεγάλη ποσότητα νερού του μίγματος. Η μάζα στέγνωνε μέχρι να πάρει πλαστική μορφή οπότε μεταφερόταν με βαγόνια στη μηχανή μόρφωσης σε γαλέτες με τις οποίες τροφοδοτούνταν οι πρέσες κεραμιδιών.

Έτσι εξασφαλιζόταν καλή ποιότητα υλικού και μια συνεκτική μάζα χωρίς φυσαλίδες αέρα.

Η δεύτερη φάση περιλάμβανε «ξηρή» επεξεργασία σε τριβεία, στη συνέχεια κοσκίνισμα και κατόπιν το μίγμα οδηγούνταν στα μηχανήματα διαμόρφωσης. Η επεξεργασία αυτή έδινε πολύ καλά αποτελέσματα αλλά ήταν πολύ δαπανηρή διότι, υπήρχε μεγάλη φθορά των επιφανειών τριβής. Η φθορά των οδοντωτών επιφανειών τριβής αποκαθίστατο κάθε 15 ημέρες με προσθήκη μέσω οξυγονοκόλλησης καρβιδίων βολφραμίου που περιέχονταν σε ειδικά ραβδία.

2.1.5 Διαμόρφωση υγρών προϊόντων

Η διεργασία αυτή αρχίζει τόσο για τα τούβλα όσο και για τα κεραμίδια από το μύλο όπου με προσθήκη νερού δημιουργείται πλαστική μάζα. Στη συνέχεια η μάζα αυτή οδηγείται στην πρέσα διαμόρφωσης (εικόνα 2-3 αριστερά) της οποίας κύριο στοιχείο είναι ο/ οι ατέρμων/ες κοχλίας/ες που τη συμπιέζουν και την αναγκάζουν να διέλθει από μήτρα. Έτσι δημιουργείται ένα συνεχές πρίσμα που κόβεται σε κομμάτια από ειδικό κοπτικό μηχανήμα (εικόνα 2-3 δεξιά). Ανάλογα με τη διατομή που διαμορφώνεται στο πρίσμα, τα κομμάτια είναι είτε τούβλα είτε γαλέτες για τις πρέσες κεραμιδιών.

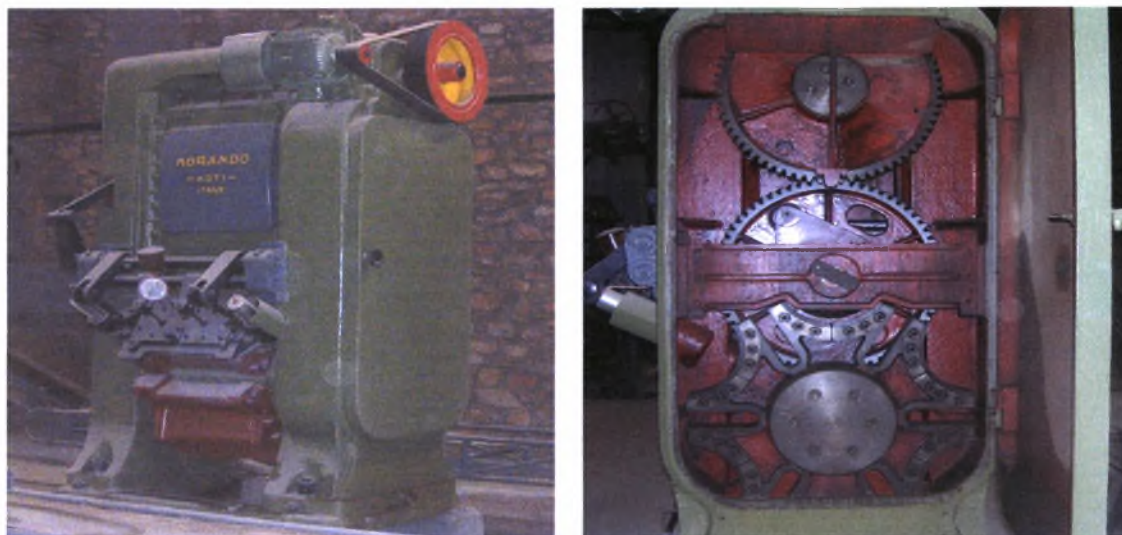


εικόνα 2-3 Πρέσα διαμόρφωσης τούβλων (αριστερά) και ειδικό μαχαίρι κοπής (δεξιά)

Η παλιά πρέσα είχε ένα μόνο κοχλία. Η νέα πρέσα το 1960 διέθετε δύο συστήματα κοχλιών σε δυο επίπεδα μεταξύ των οποίων υπήρχε θάλαμος κενού από τον οποίο αφαιρούνταν ο αέρας, ώστε η μάζα να γίνεται συνεκτική. Σημειώνουμε ότι στην υγρή μέθοδο επεξεργασίας ο αέρας αφαιρούνταν στη διαδικασία καθίζησης.

Μέχρι το σημείο αυτό η γραμμή παραγωγής ήταν κοινή για τα τούβλα και τα κεραμίδια, γι' αυτό τα μηχανήματα λειτουργούσαν σε δύο βάρδιες.

Τα κεραμίδια διαμορφώνονταν σε δύο πρέσες που τροφοδοτούνταν από τις γαλέτες λάσπης που προαναφέραμε. Οι γαλέτες πρεσσάρονταν σε δύο ειδικές περιστρεφόμενες μηχανές (εικόνα 2-4) μεταξύ δύο καλουπιών (άνω και κάτω καλούπι) από γύψο και έπαιρναν το τελικό τους σχήμα. Ο γύψος, στη συγκεκριμένη περίπτωση, χρησιμοποιείται διότι διευκολύνει την αποκόλληση του υγρού κεραμιδιού από το καλούπι.



εικόνα 2-4 Πρέσα κεραμιδιών και λεπτομέρειες του μηχανισμού της

Η διαδικασία της διαμόρφωσης του κεραμιδιού έχει ως εξής:

Από τη μια πλευρά ο τροφοδότης (εργάτης) τοποθετεί τη γαλέτα. Στο πρώτο βήμα της στροφής που η πλάκα βρίσκεται σε οριζόντια θέση συμπιέζεται. Στο επόμενο βήμα, που το κεραμίδι βρίσκεται στην άλλη πλευρά ο αυτόματος κόπτης κόβει τα υπολείμματα και στο τελικό βήμα ο λήπτης παραλαμβάνει το υγρό προϊόν.

Η διαδικασία είναι συνεχής και τα σχηματισμένα κεραμίδια τοποθετούνται σε ειδικές ξύλινες παλέτες (τελάρια) με τις οποίες μεταφέρονται στα ξηραντήρια. Οι γύψινες επιφάνειες που δίνουν το τελικό σχήμα στο κεραμίδι διαμορφώνονται με τη βοήθεια αρνητικών μητρών από χυτοσίδηρο και έχουν μέσο χρόνο ζωής 2 ώρες εφόσον βρίσκονται στο πάνω μέρος του προϊόντος και 8 για το κάτω καλούπι. Έπειτα απαιτείται η αντικατάστασή τους.

Στη συνέχεια οι παλέτες με τα τούβλα και τα κεραμίδια μεταφέρονταν με περονοφόρα οχήματα κινούμενα σε σιδηροτροχιές στα παλαιά ξηραντήρια. Στη δεύτερη φάση τα υγρά κεραμίδια μεταφέρονταν στα νέα ξηραντήρια με οχήματα επί ελαστικών τροχών. Η παραγωγή ανερχόταν κατά μέσο όρο σε 20000 τούβλα και 12000 κεραμίδια ανά 24ωρο.

Σημειώνεται ότι η κάμιнос του εργοστασίου λειτουργούσε ακατάπαυστα επί δεκαετίες, και έσβησε μόνο σε πολύ ειδικές περιπτώσεις (Β' Παγκόσμιος Πόλεμος το 1940 και σεισμός στο Βόλο το 1956).

Το 1956, άλλωστε, αποτέλεσε σημαδιακή χρονιά για τα πλινθοκεραμοποιεία στην Ελλάδα, καθώς οι καταστροφές που προκάλεσε ο σεισμός ευνόησαν τη δημιουργία εργοστασίων παραγωγής τούβλων και κεραμιδιών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι έως το 1956 υπήρχαν στην Ελλάδα τέσσερα μεγάλα εργοστάσια (Τσαλαπάτα (Βόλος), Κρίτων Δηλαβέρη (Πειραιάς), Μίχαλου (Χίος) και Αλλατίνη (Θεσσαλονίκη)), ενώ στα χρόνια που ακολούθησαν ο αριθμός τους πολλαπλασιάστηκε.

Πίνακας 2-1 Βασικά παραγωγικά μεγέθη εργοστασίου, σε ημερήσια (24ωρη) βάση, κατά την περίοδο 1925-1960 (προ ΔΕΗ)

Παραγωγή τούβλων (τμχ/ ημέρα)	Παραγωγή κεραμιδιών (τμχ/ ημέρα)	Κατανάλωση Λιθάνθρακα στο φούρνο (kg/ ημέρα)	Κατανάλωση Λιθάνθρακα στις ατμομηχανές (kg/ ημέρα)	Παραγωγή μηχανικής ενέργειας (kW)	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (kW)
20000	12000	5100	7125	225	2*30 [9]

2.2 Ξήρανση προϊόντων

2.2.1 Παλαιά ξηραντήρια

Τα παλαιά ξηραντήρια (εικόνα 2-5) είναι 34 θάλαμοι (17 για τούβλα και 17 για κεραμίδια) διαστάσεων κάτοψης 21,5*1,75 m και ύψους 3 m και 21,5*1,75 *4 m αντίστοιχα, όπου αποτίθενται οι παλέτες με τη βοήθεια ειδικών περονοφόρων βαγονέτων που κινούνται στις αίθουσες του εργοστασίου πάνω στις διαμορφωμένες ράγες, έτσι ώστε να μπορούν να προσεγγίσουν το σύνολο των χώρων.



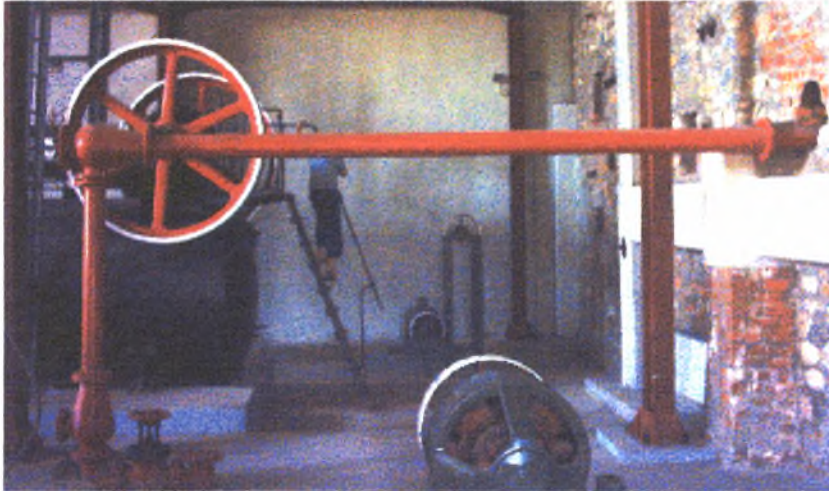
εικόνα 2-5 Θάλαμος παλαιών ξηραντηρίων (αριστερά) και λεπτομέρειες διακλάδωσης σωληνώσεων ατμού στο εσωτερικό δάπεδο του θαλάμου (δεξιά)

Κάτω από το επίπεδο της σιδηροτροχιάς υπάρχει εναλλάκτης θερμότητας (ατμού – αέρα), που αποτελείται από βρόγχους πτερυγιοφόρων σωλήνων με συνολικό μήκος 2x21 m (εικόνα 2-5) που τροφοδοτείται με ατμό, ο οποίος προέρχεται μέσω σωληνώσεων (Εικόνα 2-6) από τις ατμομηχανές αντίθλιψης. Στα ξηραντήρια κεραμιδιών υπάρχει ένας βρόγχος, ενώ στα ξηραντήρια τούβλων δύο.

Στα ξηραντήρια καταλήγει επίσης θερμός και ξηρός αέρας που προέρχεται από την ψύξη των προϊόντων μέσα στην κάμινο. Ο αέρας προσάγεται υπόγεια στην πλευρά των θαλάμων που βρίσκεται προς την κάμινο. Στο άλλο άκρο των

θαλάμων που βρίσκεται προς την αίθουσα παραγωγής υπάρχουν ξύλινες καπνοδόχοι οι οποίες δημιουργούσαν πρόσθετο ελκυσμό για ενίσχυση της παροχής αέρα. Η έλλειψη ανάδευσης (ρευμάτων ανακυκλοφορίας) του αέρα στα παλαιά ξηραντήρια καθυστέρουσε την ξήρανση με αποτέλεσμα να διαρκεί περίπου 7 ημέρες.

Ένα σημαντικό μέρος των προϊόντων ξηραίνονταν σε υπαίθρια υπόστεγα με εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας.



Εικόνα 2-6 Σωληνώσεις ατμού από ατμομηχανές προς τα ξηραντήρια

2.2.2 Νέα ξηραντήρια

Μεταπολεμικά κατασκευάστηκαν τα 6 νέα ξηραντήρια κεραμιδιών, στα οποία η ξήρανση γινόταν με θερμό αέρα που προερχόταν από μια θερμομονάδα (αερολέβητα) βαρέως πετρελαίου (μαζούτ). Στα νέα ξηραντήρια εφαρμόζεται μόνο μεταφορά θερμότητας με εξαναγκασμένη συναγωγή. Προκαλείται ανάδευση με ένα σύστημα τριών φυσητήρων που κινούνται παλινδρομικά πάνω σε σιδηροτροχιά στο διαμήκη άξονα του ξηραντηρίου με συχνότητα παλινδρόμησης τα 5 λεπτά. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται σημαντικά η παραγωγικότητα καθώς μειώνεται αισθητά ο απαιτούμενος χρόνος ξήρανσης των παραγόμενων προϊόντων. Η παλινδρόμηση απαιτείται για να εξασφαλίζεται περιοδική προσβολή των υγρών προϊόντων από ρεύμα θερμού αέρα, ώστε να εξατμίζεται γρηγορότερα η υγρασία που υπάρχει στην επιφανειακή στρώση των προϊόντων. Παράλληλα μειώνονται οι πιθανότητες φθοράς, καθώς τα ξηραντήρια αποτελούν τους πλέον σημαντικούς χώρους εμφάνισης φθορών όπως ρωγμές εξαιτίας γρήγορης συρρίκνωσης και καταστροφή κεραμικών

προϊόντων λόγω λανθασμένης ξήρανσης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η συρρίκνωση της μάζας του προϊόντος από νωπό σε ξηρό είναι 5-20% [10], ενώ από ξηρό σε ψημένο είναι περίπου 1% [10].

Στη συνέχεια μεσολαβεί χρόνος ηρεμίας κατά τον οποίο η υγρασία στο εσωτερικό του προϊόντος διαχέεται προς την επιφάνεια. Με τη διαδικασία αυτή αποφεύγεται η απότομη, λόγω αφαίρεσης του νερού, επιφανειακή συστολή του προϊόντος που θα είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ρωγμών κυρίως στα κεραμίδια. Τους θαλάμους συμπλήρωναν οι μικρές καμινάδες που έχουν ως ρόλο να απάγουν τον ήδη χρησιμοποιημένο αέρα.

2.3 Παραγωγή θερμότητας

2.3.1 Κάμινος (Hoffman)

Οι παλέτες με τα αποξηραμένα προϊόντα μεταφέρονται και στοιβάζονται κατάλληλα μέσα στη διατομή της καμίνου Hoffman (εικόνα 2-7). Η καμίνος είναι συνεχούς λειτουργίας και αποτελείται από μια στοά με δύο ευθύγραμμα παράλληλα τμήματα που κλείνουν με δύο ημικύκλια στα άκρα.



εικόνα 2-7 Φούρνος Hoffman

Η διατομή είναι περίπου ημικυκλική με ακτίνα 2,5 m. Κάτω από το δάπεδο της υπάρχουν στοές που τη συνδέουν με μια κεντρική στοά κατά μήκος της καμίνου. Στο κέντρο της στοάς υπάρχει καπνοδόχος η οποία απάγει τα καυσαέρια με τεχνητό ελκυσμό. Στην οροφή της υπάρχουν οπές για την τροφοδοσία σκόνης στερεού καυσίμου (μίγμα λιθάνθρακα και λιγνίτη) και στη βάση της κατά διαστήματα υπάρχουν θύρες που επικοινωνούν με τον

εξωτερικό χώρο (εικόνα 2-8). Οι θύρες αυτές χτίζονται προσωρινά για να αποφεύγεται απώλεια θερμότητας, εκτός από εκείνες που αντιστοιχούν στο σημείο εργασίας (3 κάθε φορά). Στο σημείο αυτό αφαιρούνται τα έτοιμα ψημένα προϊόντα και προστίθενται ξερά που πρόκειται να ψηθούν.



εικόνα 2-8 Θυρίδες εισαγωγής καύσιμης ύλης στην οροφή του φούρνου Hoffman (αριστερά). Μία από τις εισόδους του φούρνου Hoffman (δεξιά).

Το σημείο αυτό της εργασίας μετακινείται συνεχώς. Στο εκάστοτε αντιδιαμετρικό σημείο της στοάς βρίσκεται η φωτιά. Ο έλεγχος της προώθησης της φωτιάς γίνεται με το άνοιγμα ή κλείσιμο καπνοφρακτών που παρεμβάλλονται μεταξύ των μικρών υπόγειων στοών και της κεντρικής στοάς καπνού. Επίσης, για τον έλεγχο της φωτιάς, κάθε φορά που τοποθετούνται άψητα προϊόντα γίνεται μια διαμερισματοποίηση της στοάς με φραγμούς από χαρτί, οι οποίοι όταν πρόκειται να προχωρήσει η φωτιά καίγονται. Ο ρόλος των χάρτινων καπνοφρακτών, που βρίσκονται από το σημείο της φωτιάς έως τις ανοικτές θύρες εργασίας, είναι να εμποδίζουν τα καυσαέρια και το θερμό αέρα να εισέρχονται στα προς ψήσιμο τούβλα και κεραμίδια. Στον κεντρικό πυρήνα της καμίνου υπάρχει αγωγός από λαμαρίνα διαμέτρου 0,7 m, ο οποίος έχει τη δυνατότητα να συνδέεται μέσω μεταφερόμενων ημικυκλικών στοιχείων με την κυρίως στοά της καμίνου. Με αυτό το σύστημα και με τη βοήθεια φυγοκεντρικού ανεμιστήρα ο αγωγός αναρροφά θερμό και ξηρό αέρα πάνω από τα έτοιμα θερμά προϊόντα και τον καταθλίβει στα παλαιά ξηραντήρια. Έτσι γίνεται ανάκτηση θερμότητας και παράλληλα βελτιώνονται οι συνθήκες εργασίας του προσωπικού. Η θερμοκρασία ψησίματος είναι 900°C. Τα υλικά από τα οποία

ήταν κατασκευασμένος ο φούρνος δέχονταν συνεχώς θερμικές καταπονήσεις και συστολοδιαστολές. Για τον λόγο αυτό η ημικυκλική στοά αποτελούνταν από στοιχεία μήκους δυο μέτρων έτσι ώστε να διευκολύνεται η συντήρηση. Κατά μέσον όρο ανά 15 χρόνια απαιτούνταν η ανακατασκευή των στοιχείων αυτών.

2.4 Παραγωγή ισχύος

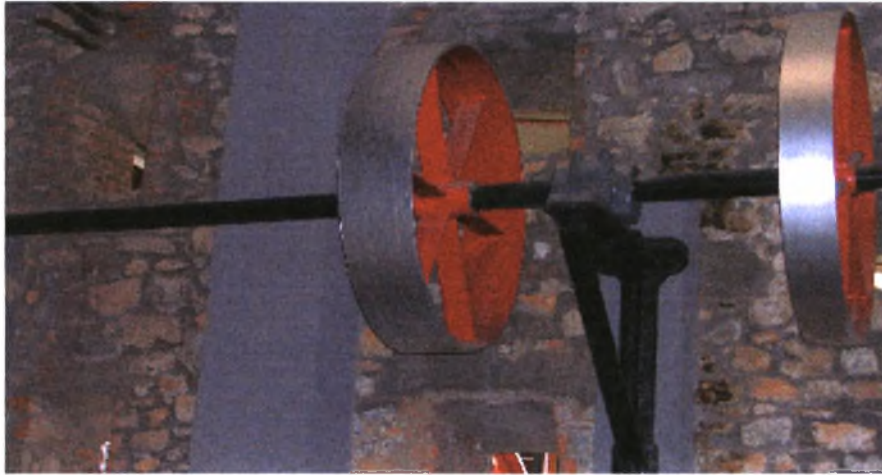
2.4.1 Συμπαγωγή κινητήριας ισχύος και ωφέλιμης θερμότητας

Η κινητήρια ισχύς του εργοστασίου προερχόταν από ατμομηχανές τύπου loco mobile δηλαδή κυλινδρικός λέβητας και παλινδρομική ατμομηχανή επάνω στη ράχη. Συνολικά υπήρχαν τρεις μηχανές από τις οποίες η μια ήταν ισχύος 150 Ηρ, δικύλινδρη διπλής εκτόνωσης και επιφάνειας εναλλαγής λέβητα 57 m^2 , ενώ οι άλλες δύο ήταν 75 Ηρ, μονοκύλινδρες απλής εκτόνωσης και επιφάνειας εναλλαγής λέβητα 32 m^2 (εικόνα 2-9). Χρησιμοποιούσαν στερεό καύσιμο, ένα μίγμα λιθάνθρακα εισαγωγής και εγχώριου λιγνίτη. Οι λέβητες προέρχονταν από το εργοστάσιο Thomas Sauteno του Βελγίου. Η μια από τις μικρές ατμομηχανές ήταν εφεδρική.



εικόνα 2-9 Ατμολέβητας και ατμομηχανή των 150Ηρ (αριστερά). Ατμολέβητας και ατμομηχανή των 75Ηρ (δεξιά)

Η μεγάλη μηχανή κινούσε με ιμάντες κεντρικό άξονα κίνησης που βρισκόταν στην αίθουσα παραγωγής (εικόνα 2-10).



εικόνα 2-10 Άξονας κίνησης (Ατμολέβητες – Γραμμή Παραγωγής)

Κάθε μια από τις μικρές μηχανές κινούσε γεννήτρια συνεχούς ρεύματος τάσης 220 V. Με αυτές τροφοδοτούνταν κινητήρες μηχανημάτων που βρίσκονταν μακριά από την αίθουσα παραγωγής. Οι μηχανές λειτουργούσαν με αντίθλιψη και τροφοδοτούσαν με κορεσμένο ατμό το δίκτυο θέρμανσης των παλαιών ξηραντηρίων. Μετά το 1960 που υπήρξε επάρκεια ηλεκτρικής ενέργειας καταργήθηκε η ατμοκίνηση, δεδομένου ότι εκείνη την εποχή δεν υπήρχαν κίνητρα για τη δημιουργία ενός σύγχρονου και εξελιγμένου συστήματος συμπαραγωγής κίνησης και ωφέλιμης θερμότητας. Ο λέβητας των 57 m² μετατράπηκε σε λέβητα χαμηλής πίεσης 0,5 bar με ανοικτό δοχείο διαστολής. Ο τρόπος λειτουργίας και των τριών μηχανών βασιζόταν στο φλογοθάλαμο και τους αεριοαυλούς (τούμπες), ενώ ένας εργάτης ήταν υπεύθυνος για τη συντήρηση της φλόγας στο λέβητα τροφοδοτώντας συνεχώς με κάρβουνο. Ο απαιτούμενος για την καύση αέρας εισερχόταν από τους αεριοαυλούς που βρίσκονταν στο επάνω μέρος του θαλάμου καύσης όπως διακρίνεται και στην εικόνα 2-11.



εικόνα 2-11 Θάλαμος καύσης - αεριοαυλοί

Στο εσωτερικό των λεβήτων υπάρχει κυκλικός φλογοθάλαμος που αρχίζει από τον εμπρόσθιο πυθμένα και καταλήγει σε καπνοθάλαμο κοντά στον οπίσθιο πυθμένα.

Μεταξύ του εμπρόσθιου πυθμένα και της αντίστοιχης επιφάνειας του καπνοθαλάμου, που είναι διαμορφωμένοι ως κάτοπτρα, είναι εγκατεστημένοι αεριοαυλοί που έχουν ως ρόλο την εισαγωγή αέρα για την καύση.

Επειδή το σύστημα φλογοθαλάμου - καπνοθαλάμου και αυλών έχει μεγαλύτερη διαστολή από το σώμα του λέβητα, το σύστημα στο οπίσθιο άκρο του δεν συνδέεται σταθερά με το κυρίως σώμα του λέβητα, αλλά με μια διάταξη που επιτρέπει ολίσθηση. Συγχρόνως η διάταξη αυτή δέχεται τις ανοδικές δυνάμεις που προέρχονται από την εκτόπιση του νερού όταν ο λέβητας δεν είναι υπό πίεση. Στην οροφή του καπνοθαλάμου υπάρχει διάταξη προστασίας του λέβητα από την έλλειψη νερού. Η διάταξη είναι ένα κοχλιούμενο στην οροφή στοιχείο, στο κέντρο του οποίου είναι διαμορφωμένο κυκλικό άνοιγμα πληρωμένο με εύτηκτο υλικό που τήκεται όταν η οροφή δεν καλύπτεται από νερό και σβήνει τη φωτιά στο φλογοθάλαμο.

Στον οπίσθιο πυθμένα υπάρχει μικρή ανθρωποθυρίδα για την αντικατάσταση του στοιχείου.

Οι λέβητες έχουν στη ράχη τους την παλινδρομική μηχανή με απ' ευθείας λήψη ατμού από το πάνω μέρος κάθε λέβητα, ενώ στο σημείο αυτό συνδέεται και το σύστημα ασφάλειας από υπερπίεση (με αντίβαρο).

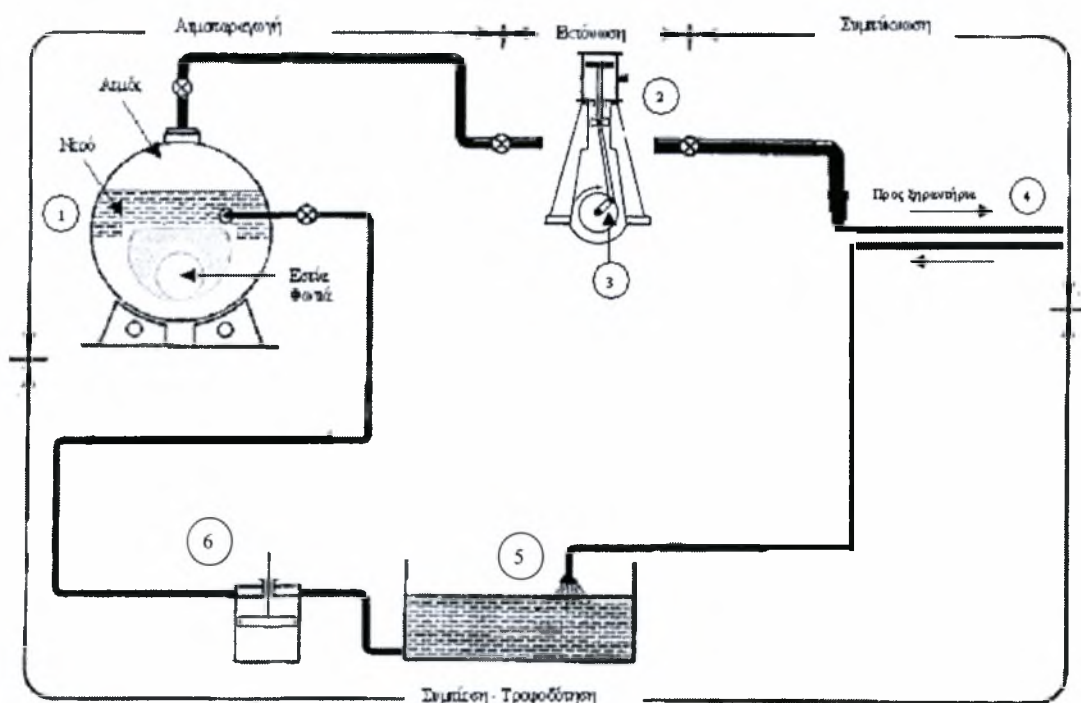
2.5 Παραγωγή ατμού

2.5.1 Λειτουργία ατμολέβητα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην προηγούμενη ενότητα, στο εργοστάσιο υπήρχε εγκατάσταση παλινδρομικών ατμομηχανών.

Στο Σχήμα 2-2 διακρίνεται μια τυπική διάταξη ατμομηχανικής εγκατάστασης με παλινδρομική μηχανή.

Μέσα στην εστία της φωτιάς καίγεται το μίγμα λιθάνθρακα και λιγνίτη. Η θερμότητα που εκλύεται μέσω των τοιχωμάτων του θαλάμου μεταδίδεται στο νερό το οποίο ατμοποιείται. Ο ατμός οδηγείται από το λέβητα στην εμβολοφόρα παλινδρομική μηχανή (2), που στην περίπτωση μας βρίσκεται στη ράχη του κυλινδρικού λέβητα τύπου loco mobile, όπου εκτονώνεται και αποδίδει ενέργεια, η οποία παραλαμβάνεται από τον περιστρεφόμενο άξονα (3) ως έργο.



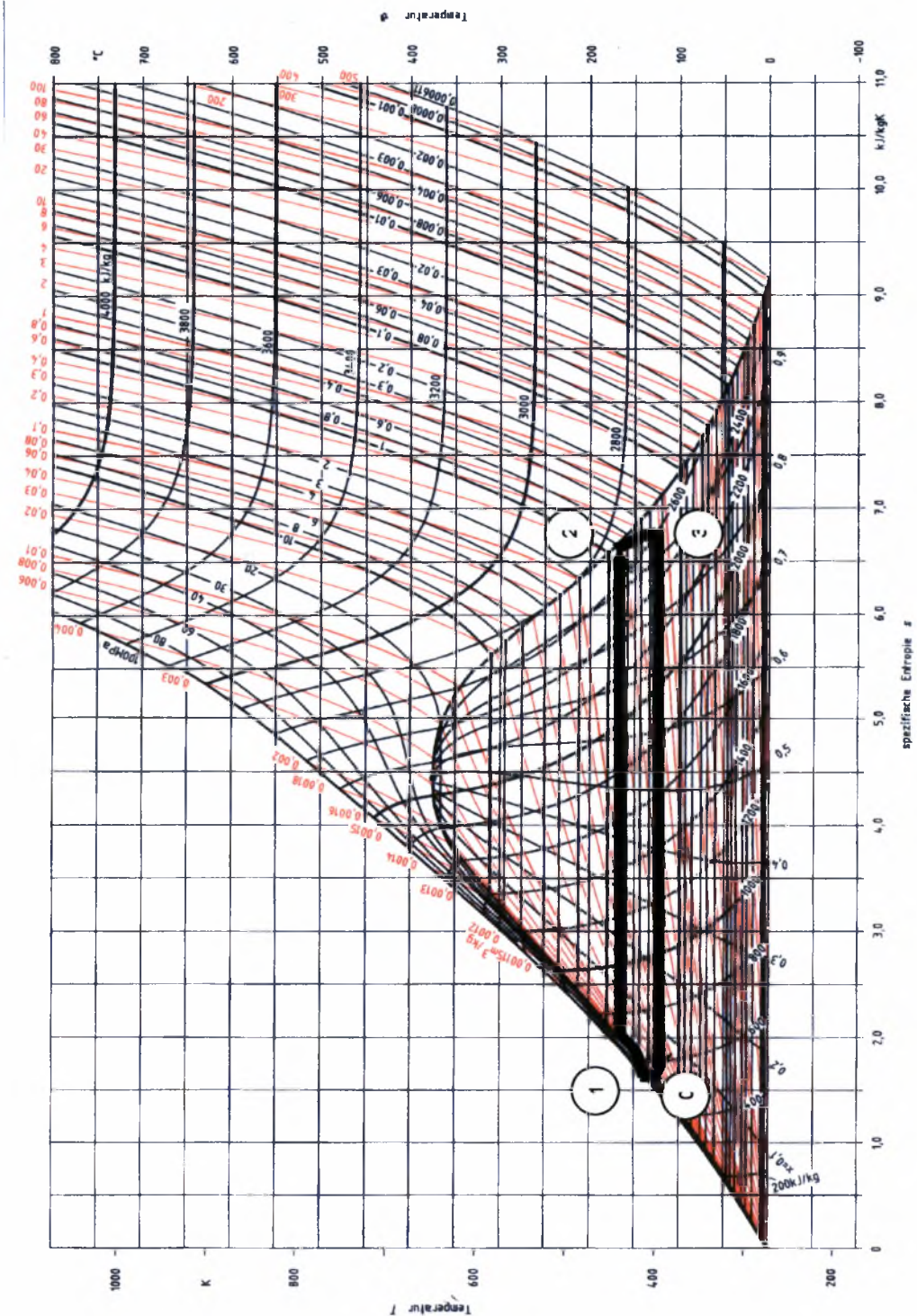
Σχήμα 2-2 Τυπική διάταξη ατμομηχανικής εγκατάστασης με παλινδρομική ατμομηχανή

Μετά την παραγωγή έργου ο ατμός οδηγείται μέσω σωληνώσεων (4) στα ξηραντήρια όπου συμπυκνώνεται, αποδίδοντας έτσι ένα σημαντικό μέρος της ενθαλπίας που του έχει απομείνει. Επομένως, τα ξηραντήρια υποκαθιστούν το

συμπυκνωτή. Στο εσωτερικό των ξηραντηρίων οι σωληνώσεις φέρουν πτερύγια για να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη μετάδοση θερμότητας προς τον περιβάλλοντα χώρο. Το επόμενο στάδιο του ατμού που είναι πλέον σε υγρή μορφή, ως νερό, είναι η κατάθλιψή του στο θερμοδοχείο ή αλλιώς τροφοδοτική δεξαμενή (5). Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της βαρύτητας και εξαιτίας της μικρής κλίσης που υπάρχει στο δάπεδο της αίθουσας παραγωγής, η οποία βρίσκεται ανάμεσα στα ξηραντήρια και το λεβητοστάσιο. Από εκεί μια αντλία, το τροφοδοτικό ιππάριο (6) το οδηγεί εκ νέου στο λέβητα.

2.5.2 Παράσταση του κύκλου των ατμομηχανών σε διάγραμμα T-s

Στο Διάγραμμα 2-1 αποτυπώνεται η λειτουργία της μηχανής με κορεσμένο ατμό σε διάγραμμα T-s.



Διάγραμμα 2-1 Παράσταση λειτουργίας της ατμομηχανής με κορεσμένο ατμό σε διάγραμμα T – s [11]

Σύμφωνα με το Διάγραμμα 2-1 οι διεργασίες που ακολουθεί το σύστημα ατμός - νερό έχουν ως εξής:

1-2: Ατμοποίηση υπό σταθερή πίεση του λέβητα και σταθερή θερμοκρασία.

Στο σημείο 2 ο ατμός είναι ξηρός κορεσμένος.

2-3: Εκτόνωση μέχρι την πίεση και τη θερμοκρασία της συμπύκνωσης. Στο σημείο 3 έχουμε μίγμα ατμού (95%) και νερού (5%).

3-0: Συμπύκνωση υπό σταθερή πίεση και θερμοκρασία, όπου το μίγμα ατμού - νερού γίνεται προοδευτικά υγρότερο μέχρι να φτάσει στο σημείο 0 όπου μετατρέπεται σε νερό.

Από το σημείο 0 αρχίζει η συμπίεση του νερού από την τροφοδοτική αντλία και η ανύψωση της θερμοκρασίας του κατά τη διαδρομή 0-1. Για λόγους ευκολίας θεωρείται πάντοτε ότι η φάση αυτή πραγματοποιείται πάνω στην πρώτη οριακή καμπύλη. Συνεπώς,

0-1: Συμπύεση – τροφοδότηση μέχρι την πίεση και τη θερμοκρασία του λέβητα.

Έτσι η λειτουργία της ατμομηχανής παριστάνεται από τη διαδρομή **0123**.

Ο Πίνακας 2-2 παρουσιάζει τις τιμές στα τέσσερα κρίσιμα σημεία του διαγράμματος $T - s$.

Πίνακας 2-2 Χαρακτηριστικές τιμές των κρίσιμων σημείων στο διάγραμμα $T - s$

	P (bar)	T (K)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg*K)	x
0	2	393	503	1.53	0
1	8	394	504	1.53	0
2	8	444	2767	6.66	1
3	2	393	2600	6.9	0.95

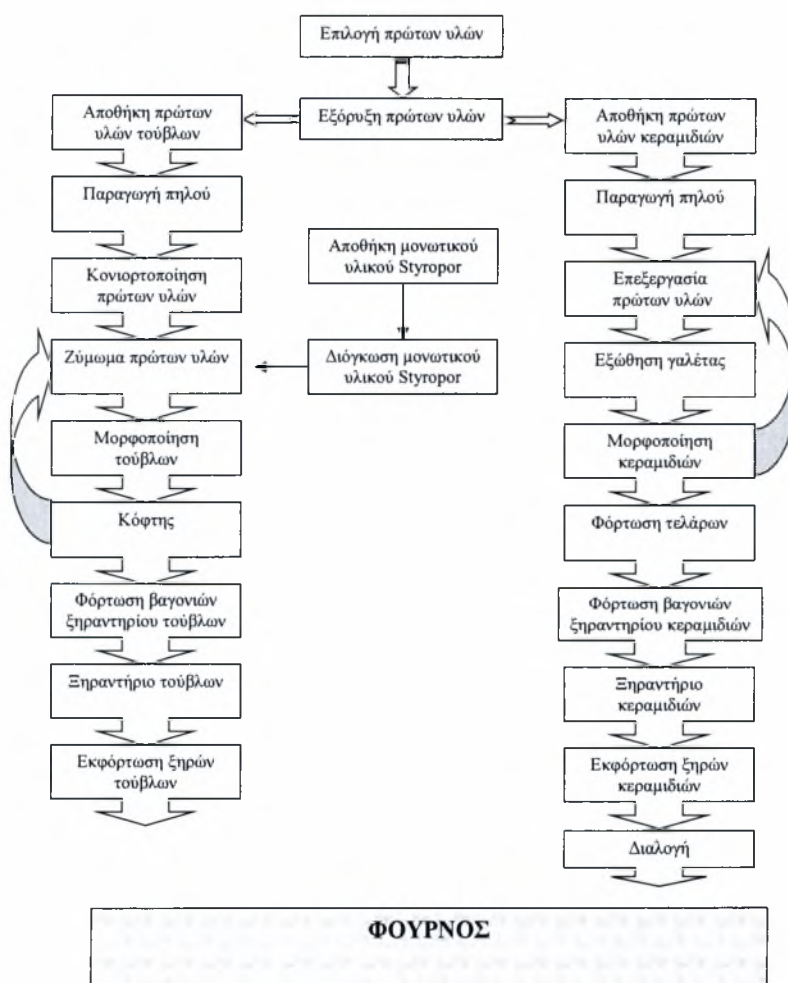
Όπου P είναι η πίεση (bar), T η θερμοκρασία (K), h η ενθαλπία (kJ/kg), s η ειδική εντροπία (kJ/ kg* K) και x η ποιότητα του συστήματος ατμού – νερού.

3 Περιγραφή λειτουργίας του σύγχρονου πλινθοκεραμοποιείου BEAK A.E.

3.1 Διαδικασία παραγωγής

3.1.1 Εισαγωγή

Σε ένα σύγχρονο εργοστάσιο κατασκευής πλίνθων όπως είναι αυτό της BEAK A.E. του ομίλου ΚΟΘΑΛΗ, είναι αναμενόμενο να υπάρχει ανεπτυγμένη τεχνολογία και μεγαλύτερη παραγωγή συγκριτικά με ένα εργοστάσιο που ξεκίνησε τη λειτουργία του το 1925 όπως αυτό του Ν. & Σ. ΤΣΑΛΑΠΑΤΑ. Τα σύγχρονα μηχανήματα, ωστόσο, δεν μπορούν να αλλάξουν τη διαδικασία παραγωγής που σε γενικές γραμμές έχει αρκετές ομοιότητες όπως φαίνεται και στο διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας (Σχήμα 3-1).



Σχήμα 3-1 Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας BEAK A.E.

3.1.2 Η πρώτη ύλη

Οι αργιλοπυριτικές ενώσεις αποτελούν φυσικά και στα σύγχρονα εργοστάσια την πρώτη ύλη για την κατασκευή κεραμικών προϊόντων. Έπειτα από έρευνα σε δείγματα αργίλου από διάφορες περιοχές επιλέγονται οι κατάλληλοι χώροι εξόρυξης. Μετά τη συλλογή της η πρώτη ύλη μεταφέρεται σε συγκεκριμένους χώρους του εργοστασίου, όπου και παράγονται οι ειδικές συνθέσεις (χαρμάνια) ανάλογα με το επιθυμητό προϊόν.

Όπως στην περίπτωση του πλινθοκεραμοποιείου Ν. & Σ. Τσαλαπάτα, έτσι και στη BEAK A.E. χρησιμοποιείται διαφορετικής ποιότητας μίγμα για τα τούβλα και άλλο για την παραγωγή κεραμιδιών.

3.1.3 Επεξεργασία πρώτης ύλης

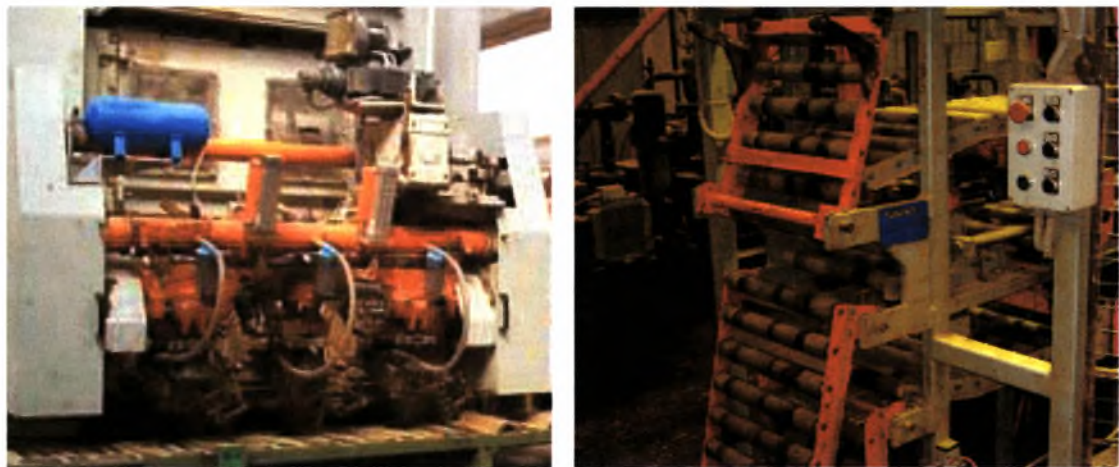
Αρχικά, η έτοιμη πια πρώτη ύλη (άργιλος σε έτοιμο χαρμάνι) οδηγείται στον τροφοδότη για να κατευθυνθεί στη συνέχεια στο σπαστήρα. Από εκεί θα εξέλθει, αφού πρώτα σπάσουν τα μεγάλα κομμάτια χώματος, και θα προστεθεί σε αυτήν ποσότητα νερού έτσι ώστε, καθοδόν προς το φίλτρο να γίνει το πρώτο ζύμωμα. Ο ρόλος του φίλτρου είναι να ομογενοποιεί το υλικό και στο σημείο εκείνο προστίθεται η αναγκαία ποσότητα νερού. Στη διαδικασία παραγωγής υπάρχουν δύο τριβεία. Το Nr 1 τριβείο που βρίσκεται πριν από το φίλτρο κατακρατεί τις πέτρες που έχουν εξωτερική περίμετρο μέχρι και 5 cm. Μετά το φίλτρο ακολουθεί το τριβείο Nr 2 που δημιουργεί μίγμα από κόκκους έως 0,5 mm. Στην περίπτωση των κεραμιδιών υπάρχει και τρίτο τριβείο, το οποίο κοκκοποιεί ακόμη περισσότερο την άργιλο. Τελικά η προεπεξεργασμένη πρώτη ύλη οδηγείται στο ζυμωτήριο όπου εφόσον χρειαστεί προστίθεται επιπλέον νερό και ζυμώνεται εντατικά.

3.1.4 Μορφοποίηση προϊόντων

Μετά το ζυμωτήριο σειρά έχει η πρέσα εξώθησης με πίεση που φτάνει τις 25 ατμόσφαιρες. Μέσα σε αυτή γίνεται επεξεργασία της αργιλικής μάζας, αφαιρείται ο αέρας, συμπιέζεται, και λίγο πριν την έξοδο αποκτά ομοιόμορφη ροή έτσι ώστε να εξαχθεί το προϊόν σε κενό αέρος [12]. Με αυτήν τη διαδικασία επιτυγχάνεται η συνεκτικότητα της αργίλου, κάτι που είναι απαραίτητο για τις

ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Στην έξοδο της πρέσας υπάρχει η μήτρα, στην οποία οφείλεται η τελική μορφή του τούβλου. Στην άκρη της πρέσας υπάρχει ο προκόφτης, που κόβει το υπό επεξεργασία προϊόν σε συγκεκριμένο μήκος για να αναλάβει στη συνέχεια ο τελικός κόφτης, που δίνει το τελικό προϊόν σε υγρή μορφή και στο επιθυμητό μέγεθος.

Η διαδικασία μορφοποίησης των κεραμιδιών είναι πανομοιότυπη με αυτή των τούβλων με τη διαφορά ότι δεν παίρνουν το τελικό τους σχήμα στην έξοδο της πρέσας, αλλά σε ειδικά διαμορφωμένα καλούπια, κατασκευασμένα από κράμα αλουμινίου με επικάλυψη από αναλώσιμες μεμβράνες καουτσούκ, που βρίσκονται πάνω στην πρέσα (Εικόνα 3-1). Επομένως από τη μήτρα εξέρχεται ομογενοποιημένο συνεχές πρίσμα επάνω σε κυλιόμενους κυλίνδρους, το οποίο κόβεται σε συγκεκριμένο μήκος για να οδηγηθεί στα καλούπια.



Εικόνα 3-1 Πρέσα κεραμιδιών (αριστερά) και λεπτομέρειες της εξόδου των κεραμιδιών από την πρέσα (δεξιά)

3.1.5 Ξήρανση

Στο επόμενο βήμα, τα μορφοποιημένα αλλά υγρά τούβλα φορτώνονται σε ειδικά βαγόνια για να κατευθυνθούν στα ξηραντήρια (4 σε συνεχή λειτουργία και ένα εφεδρικό). Η παραμονή στα ξηραντήρια ενός βαγονιού φορτωμένου με προϊόντα διαρκεί από 8 έως 24 ώρες ανάλογα με την ταχύτητα και το είδος παραγωγής, έως ότου εξέλθει από εκεί με μηδαμινή ποσότητα υγρασίας στο εσωτερικό του (κάτω του 2%) για να κατευθυνθεί στο φούρνο.

Το μέσον για την αφαίρεση της υγρασίας είναι ο αέρας. Ο αέρας είναι κατά 90% προερχόμενος από το «Ρεκούπερο» του φούρνου, τον ανεμιστήρα (ventilator) που χρησιμοποιείται για να απάγει τον θερμό αέρα των βαγονιών μέσα στο

φούρνο. Συμπληρωματικά και εφόσον η θερμότητα από τον φούρνο δεν επαρκεί, υπάρχουν ειδικές γεννήτριες που παράγουν ζεστό και ξηρό αέρα και τον κατευθύνουν στα ξηραντήρια. Ο αέρας διέρχεται από ένα σύμπλεγμα κάθετων και οριζόντιων ανεμιστήρων (ventilators), τα οποία κινούνται κατά το διαμήκη άξονα του ξηραντηρίου και οδηγούν τον αέρα ανάμεσα από τα κατάλληλα στοιβαγμένα προϊόντα ώστε να αφαιρέσει όλη την υγρασία.

3.1.6 Ψήσιμο

Το ψήσιμο στον ειδικά διαμορφωμένο φούρνο (εικόνα 3-2) αποτελεί ίσως το πιο σημαντικό στάδιο για την παραγωγή ενός ποιοτικά καλού κεραμικού προϊόντος. Το μήκος του φούρνου στο εργοστάσιο της BEAK A.E. είναι 87 μέτρα και αποτελείται από τρία τμήματα: την προθέρμανση, το ψήσιμο και την ψύξη των προϊόντων έτσι ώστε στην έξοδό τους να έχουν θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η διαδικασία στο σύνολό της διαρκεί 24 ώρες και οι θερμοκρασίες, που συνεχώς ελέγχονται από αισθητήρες, αγγίζουν τους 1000°C μετατρέποντας το απλό μίγμα χώματος και νερού σε ένα ποιοτικά άριστο κεραμικό προϊόν.



εικόνα 3-2 Φούρνος ψησίματος εργοστασίου BEAK A.E. (ταινίας)

4 Ενεργειακοί υπολογισμοί

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα ενεργειακά μεγέθη και δείκτες που αφορούν την ξήρανση, προθέρμανση, ψήσιμο και ψύξη του έτοιμου προϊόντος στο εργοστάσιο Ν. & Σ. Τσαλαπάτα, αλλά και σε άλλα αντίστοιχα και πιο σύγχρονα.

4.1 Εκτίμηση ποσότητας παραγωγής

Η παραγωγή των προϊόντων επιτυγχανόταν με τη λειτουργία τριών μηχανών παραγωγής τούβλων που είχαν ως μέγιστη ημερήσια (24 ώρες λειτουργίας) παραγωγή τα 20000 τούβλα, και τρεις αντίστοιχες μηχανές για τα κεραμίδια με μέγιστη ημερήσια παραγωγή, σε αυτή την περίπτωση τα 12000 τεμάχια κεραμιδιών. Η διαρκής λειτουργία του φούρνου Hoffman σε 24ωρη βάση για 7 ημέρες την εβδομάδα εξασφάλιζε τέλειο ψήσιμο και την μεγάλη παραγωγή των κεραμικών προϊόντων, αλλά είχε ως επακόλουθο και την αυξημένη κατανάλωση κάρβουνου.

4.1.1 Εκτίμηση κατανάλωσης καύσιμης ύλης ατμομηχανών

Η ακριβής ποσότητα κάρβουνου που καιγόταν ετησίως είναι αδύνατον να υπολογιστεί. Ωστόσο, με τη βοήθεια που δίνει ο Πίνακας 4-1, του οποίου οι τιμές ισχύουν για καύσιμο άνθρακα των 7500 θερμίδων, μπορεί να βρεθεί μια προσεγγιστική τιμή.

Πίνακας 4-1 Στοιχεία για την ισχύ, το χρόνο λειτουργίας και την ειδική κατανάλωση των ατμομηχανών (Παράρτημα Ι)

Είδος μηχανής	Ισχύς (Hp)	Κατανάλωση καυσίμου (kg/ Hp*h)	Ετήσια λειτουργία (h)	Ετήσια κατανάλωση (ton)
		Κορεσμένος ατμός		
Παλινδρομική διπλής εκτόνωσης	150	1,75	4996	1311
Παλινδρομική απλής εκτόνωσης	75	2	8760	1314

Το εργοστάσιο βρισκόταν σε διαρκή λειτουργία όλο το έτος.

Ωστόσο, η μεγάλη μηχανή των 150 Hp απασχολούνταν μόνο για δύο οκτάωρα καθημερινώς. Συνυπολογίζοντας και τις αργίες, η ετήσια διάρκεια λειτουργίας ήταν περίπου 4996 h. Όπως δείχνει ο Πίνακας 4-1 η μεγάλη ατμομηχανή (παλινδρομική διπλής εκτόνωσης) καταναλώνει περίπου 1,75 kg/ Hp h.

Κατά συνέπεια, η ετήσια κατανάλωση λιθάνθρακα εκτιμάται στους **1311 ton**.

Αντίστοιχα για τη μικρή μηχανή των 75 Hp, η οποία βρισκόταν σε συνεχή λειτουργία (8760 h/ έτος) καθώς κινούσε ιμάντα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από γεννήτρια, αν θεωρήσουμε ότι η κατανάλωσή της ήταν περίπου 2 kg/ Hp h προκύπτει ότι η εκτιμώμενη μέση ετήσια κατανάλωση ανέρχεται στους **1314 ton**.

Η συνολική, επομένως, κατανάλωση των ατμομηχανών υπολογίζεται περίπου στους **2625 ton/ έτος**.

Για να διασταυρωθεί η εκτιμώμενη τιμή γίνεται επιπλέον υπολογισμός βάσει της ποσότητας ατμού που οδηγείται στα ξηραντήρια και του διαγράμματος T-s (Διάγραμμα 2-1) [13].

Για να βρεθεί η παροχή του ατμού χρησιμοποιείται ο εξής τύπος:

$$P = \dot{m}_{\alpha\tau\mu} \times (h_2 - h_3) \quad (4.1)$$

όπου P η ισχύς των εν λειτουργία ατμομηχανών {(150 Hp (112,5 kW) η μεγάλη και 75 Hp (56.25 kW) η μικρή}, h_2 η ενθαλπία στο σημείο όπου ο ατμός είναι ξηρός κορεσμένος (2750 kJ/ kg) και h_3 η ενθαλπία στο σημείο όπου ο ατμός έχει γίνει υγρός κορεσμένος (2600 kJ/ kg).

Από τον τύπο προκύπτει ότι η παροχή του ατμού ($\dot{m}_{\alpha\tau\mu}$) για τη μεγάλη μηχανή (1) είναι 0,75 kg/ s και αντίστοιχα για τη μικρή μηχανή (2) 0,375 kg/ s.

Η παραγόμενη θερμότητα από τον λέβητα είναι:

$$\dot{Q}_{\lambda\epsilon\beta} = \dot{m}_{\alpha\tau\mu} \times (h_2 - h_1) \quad (4.2)$$

Γνωρίζοντας ότι $\dot{m}_{\alpha\tau\mu}(1)=0,75$ kg/ s, $\dot{m}_{\alpha\tau\mu}(2)=0,375$ kg/ s, $h_2=2750$ kJ/ kg και $h_1=500$ kJ/ kg προκύπτει $\dot{Q}_{\lambda\epsilon\beta}(1)=1687,5$ kW και $\dot{Q}_{\lambda\epsilon\beta}(2)=844$ kW.

Τέλος, για θερμογόνο δύναμη καυσίμου (λιθάνθρακα) $H_k = 7500 \text{ kcal/ kg}$ ή 31.4 MJ/ kg και βαθμό απόδοσης λέβητα $\eta_R = 0,7$ προκύπτει από τη σχέση

$$\dot{m}_k = \frac{\dot{Q}_{\text{λεβ}}}{\eta_R \times H_k} \quad (4.3)$$

ότι η κατανάλωση καυσίμου για τη μεγάλη ατμομηχανή είναι $\dot{m}_k (1) = 0,077 \text{ kg/ s}$ και για τη μικρή $\dot{m}_k (2) = 0,038 \text{ kg/ s}$.

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που προηγήθηκαν η ατμομηχανή των 150 Hp βρισκόταν ετησίως σε λειτουργία 4996 h, άρα κατανάλωνε περίπου **1.385 ton/ έτος**.

Οι ώρες λειτουργίας της μικρής μηχανής εκτιμώνται περίπου σε 8760 h/ έτος με συνέπεια την κατανάλωση **1.198 ton/ έτος**.

Επομένως η συνολική εκτίμηση ανέρχεται στους **2.583 ton/ έτος**.

Παρατηρούμε ότι οι δύο τιμές για την ποσότητα κατανάλωσης καυσίμου (μίγμα λιθάνθρακα και λιγνίτη) από τις ατμομηχανές είναι παραπλήσιες και μπορούν να θεωρηθούν ως αξιόπιστες εκτιμήσεις. Πιθανές αποκλίσεις από τους ακριβείς υπολογισμούς οφείλονται στο ότι:

- 1) Δεν διασώζονται ακριβή στοιχεία για τους λέβητες,
- 2) Η χάραξη του κύκλου στο διάγραμμα T-s έγινε κατ' εκτίμηση αντίστοιχων κύκλων και δεν ανταποκρίνεται πλήρως στην πραγματικότητα,
- 3) Η ποσότητα λιθάνθρακα που εισερχόταν στο θάλαμο καύσης γινόταν με εκτίμηση κάποιου εργάτη και όχι με μηχανήματα που θα μπορούσαν να εισάγουν σταθερές ποσότητες κάθε φορά,
- 4) Η ποιότητα του εισαγόμενου καυσίμου, δεν ήταν πάντοτε ακριβώς η ίδια. Κατά συνέπεια η διαφορά της θερμογόνου δύναμης από παρτίδα σε παρτίδα επηρέαζε και την ετήσια κατανάλωση των ατμομηχανών.

4.1.2 Εκτίμηση κατανάλωσης καύσιμης ύλης φούρνου Hoffman

Η ποσότητα του λιθάνθρακα που καιγόταν ετησίως στο πλινθοκεραμοποιείο Ν. & Σ. Τσαλαπάτα ήταν ο ένας εκ των δύο πιο σημαντικών παραγόντων κόστους για το τελικό προϊόν (ο άλλος παράγοντας ήταν τα εργατικά και θα αναλυθεί εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο). Η έλλειψη στοιχείων για την κατανάλωση καυσίμου στο φούρνο Hoffman, σε συνδυασμό με τον πρωτότυπο και πολύπλοκο για την εποχή εκείνη σχεδιασμό του λειτούργησαν ανασταλτικά στην εκτίμηση της ακριβούς ετήσιας ποσότητας της καύσιμης ύλης. Ωστόσο, με τη βοήθεια παραδοχών προέκυψαν κάποιες πολύ ουσιαστικές εκτιμήσεις.

Για την έξοδο των καυσαερίων από το φούρνο χρησιμοποιούνταν ένας φυσητήρας με διάμετρο φτερωτής 450 mm και βάθος πτερυγίων 400 mm. Η κίνησή του οφειλόταν σε έναν ηλεκτροκινητήρα μάρκας Siemens Schuckert ισχύος 5,15 kW (6.85 Hp), με αριθμό στροφών ανά λεπτό 1420/ 1176 και σχέση μετάδοσης 290/ 350 mm (Λόγος διαμέτρων τροχαλιών Η/Κ – φυσητήρα). Από τον πίνακα στο Παράρτημα IV για τις 1176 rpm και για το βέλτιστο βαθμό απόδοσης, προκύπτει πως η παροχή του καυσαερίου είναι περίπου 4324 m³/ h ή 1,2 m³/ s. Πολλαπλασιάζοντας επί την πυκνότητα του καυσαερίου ($\rho_{\text{καυσ.}}=0,8$ kg/ m³) προκύπτει ότι η παροχή των αερίων της καύσης ήταν 0,96 kg/ s.

Για να υπολογιστεί η ποσότητα της καύσιμης ύλης που χρειαζόταν ο φούρνος χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$\mu_k = (1 + \lambda \times l_{\min}) \times \dot{m}_{\text{καυσ.}} \quad (4.4)$$

όπου μ_k η ποσότητα των αερίων της καύσης (0,96 kg/ s), λ ο λόγος αέρα προς καύσιμο ($\lambda=1,5$), l_{\min} η στοιχειομετρική ποσότητα αέρα (10,75) και $\dot{m}_{\text{καυσ.}}$ η ποσότητα του λιθάνθρακα που χρειαζόταν για το φούρνο Hoffman, έτσι ώστε να λειτουργεί με ιδανικές συνθήκες και στις επιθυμητές θερμοκρασίες για να παρασκευάζονται προϊόντα βέλτιστης ποιότητας.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η κατανάλωση καυσίμου στο φούρνο άγγιζε τα 0,056 kg/ s ή 1766 ton/ έτος, καθώς η φλόγα στο φούρνο παρέμενε άσβεστη για 24 h την ημέρα και για όλες τις ημέρες του χρόνου.



Η επαλήθευση της πιο πάνω εκτίμησης μπορεί να επιτευχθεί με τη βοήθεια της θερμικής ισχύος που απαιτείται για το ψήσιμο της ημερήσιας παραγωγής (20000 τούβλα και 12000 κεραμίδια με βάρος ανά μονάδα 2 kg και 3 kg αντίστοιχα). Η συνολική, λοιπόν, ημερήσια παραγωγή ανερχόταν στα 76000 kg. Η θερμική ισχύς υπολογίζεται από τη σχέση

$$\dot{Q} = \dot{m} \times C_p \times \Delta T \quad (4.5)$$

όπου \dot{m} η μάζα των προϊόντων ανά ημέρα (76000 kg/ ημέρα), C_p η ειδική θερμότητα (1 kJ/ kg* K) και ΔT η διαφορά θερμοκρασίας του τούβλου από τα ξηραντήρια (100°C) στο φούρνο (1000°C). Από τα παραπάνω προκύπτει ότι $\dot{Q}=68400000$ kJ/ ημέρα ή περίπου 790 kW.

Με την υπόθεση ότι η θερμική ισχύς που απαιτούνταν για το ψήσιμο των προϊόντων ήταν μόνο το 40% της συνολικά παρεχόμενης, εξαιτίας απωλειών στο εσωτερικό του φούρνου (απώλειες από τα τοιχώματα και από τις 3 ανοικτές θυρίδες εργασίας κάθε φορά) καθώς και απώλειες λόγω μεταβατικής θέρμανσης – ψύξης των διαδοχικών τμημάτων του φούρνου καθώς ο χώρος καύσης μετακινείται, εκτιμούμε τη συνολική θερμική ισχύ που παρέχονταν στο φούρνο από την καύση του κάρβουνου στα **1975 kW**.

Η θερμογόνο δύναμη του λιθάνθρακα είναι 7500 kcal/ kg ή 31.4 MJ/ kg.

Διαιρώντας την θερμογόνο δύναμη του καυσίμου με τη συνολική απαιτούμενη ημερήσια ποσότητα (παραδοχή τέλει καύσης), προκύπτει ότι η κατανάλωση στο φούρνο πλησιάζει τα 0,062 kg/ s ή τους **1950 ton/ έτος**.

Οι δύο τιμές που υπολογίστηκαν, βάσει εκτιμήσεων, για την ποσότητα του μίγματος (λιθάνθρακα και λιγνίτη) που καταναλωνόταν ετησίως στο φούρνο του πλινθοκεραμοποιείου είναι παραπλήσιες και μπορούν να θεωρηθούν ως αξιόπιστες. Κάποιες αποκλίσεις από τις πραγματικές τιμές πιθανόν να οφείλονται στο ότι:

- i. Δεν διασώζονται ακριβή στοιχεία για τις ποσότητες του εισαγόμενου λιθάνθρακα ή του εγχώριου λιγνίτη, κυρίως εξαιτίας της απουσίας των λογιστικών βιβλίων εκείνης της εποχής,
- ii. Η ποσότητα λιθάνθρακα που καιγόταν στο φούρνο, είχε καθημερινά αποκλίσεις. Η αιτία είναι ο ανθρώπινος παράγοντας, καθώς υπήρχε ένας εργάτης ο οποίος εμπειρικά εισήγαγε

καύσιμη ύλη ώστε να διατηρεί ζωντανό το χρώμα της φλόγας (εμπειρική οπτική πυρομετρία ελλείπει οργάνων ακριβούς μέτρησης).

- iii. Η ποιότητα του εισαγόμενου καυσίμου, δεν ήταν πάντοτε ακριβώς η ίδια. Κατά συνέπεια, η διαφορά της θερμογόνου δύναμης από παρτίδα σε παρτίδα επηρέαζε και την ετήσια κατανάλωση του φούρνου Hoffman.

4.1.3 Η συνολική κατανάλωση καυσίμου στο εργοστάσιο

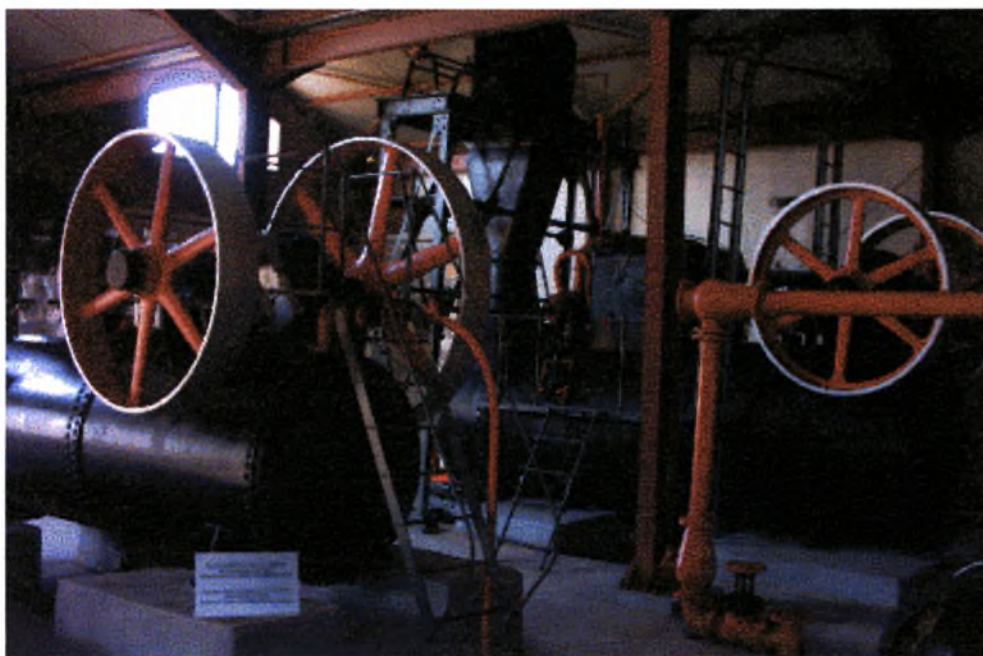
Ο Πίνακας 4-2 παραθέτει τις εκτιμώμενες τιμές για την ποσότητα καύσιμης ύλης που απαιτούνταν ετησίως στο εργοστάσιο. Οι τιμές είναι υπολογισμένες για την περίοδο 1925 – 1960, προτού δηλαδή έρθει το ηλεκτρικό ρεύμα στο πλινθοκεραμοποιείο.

Ωστόσο, στην περίοδο 1960 – 1977 οι αλλαγές ήταν σημαντικές μόνο για την περίπτωση των ατμομηχανών. Έπαψε η λειτουργία των μικρών, με επιφάνεια λέβητα 32 m², ενώ η μεγάλη μηχανή μετασκευάστηκε ώστε να καίει πλέον ως καύσιμο το βαρύ πετρέλαιο (μαζούτ).

Πίνακας 4-2 Κατανάλωση λιθάνθρακα στις ατμομηχανές και στο φούρνο Hoffman

Κατανάλωση Ατμομηχανών			
	Μεγάλη (150 Hp)	Μικρές (75 Hp)	Σύνολο
Βάσει πίνακα με στοιχεία καταναλώσεων ατμομηχανών [29]	1311 ton/ έτος	1314 ton/ έτος	2625 ton/ έτος
Βάσει διαγράμματος T – s	1385 ton/ έτος	1198 ton/ έτος	2583 ton/ έτος
Κατανάλωση Φούρνου Hoffman			
Βάσει διατομής καπνοδόχου	1766 ton/ έτος		
Βάσει απαιτούμενης θερμικής ισχύος για το ψήσιμο 20000 τούβλων και 12000 κεραμιδιών ημερησίως	1950 ton/ έτος		

4.2 Ατμομηχανές – Ατμολέβητες



Εικόνα 4-1 Μηχανοστάσιο συγκροτήματος Ν. & Σ. Τσαλαπάτα

Στο χώρο του μηχανοστασίου (Εικόνα 4-1) υπάρχουν συνολικά 3 ατμομηχανές κατασκευής "Thomas Sauteno" Βελγίου (1922): 1 μεγάλη (λέβητας επιφανείας 57 m^2) και 2 μικρότερες (λέβητες επιφανείας 32 m^2). Οι μηχανές είναι τύπου Locomobile (που σημαίνει μηχανήμα συναρμολογημένο πλήρως στο εργοστάσιο και ως εκ τούτου εύκολα μετακινούμενο – mobile) και αποτελούνται από κυλινδρικό λέβητα αεριοαυλωτό Σκωτικού [14] τύπου με οριζόντια ατμομηχανή πάνω στη ράχη του. Οι λέβητές λειτουργούσαν με εισαγωγή λιθάνθρακα στη θυρίδα εισαγωγής (Εικόνα 4-2), του οποίου η προμήθεια γινόταν κυρίως από το λιμάνι του Βόλου, ενώ μετά το 1960 λειτουργούσε μόνο ο μεγάλος λέβητας για παραγωγή ατμού, ο οποίος μετασκευάστηκε ώστε να καίει βαρύ πετρέλαιο (μαζούτ) για την παραγωγή ατμού χαμηλής πίεσης μέχρι $0,5 \text{ bar}$. Το σύστημα ασφάλειας σε υπερπίεση ήταν πλέον ένα ανοικτό προς την ατμόσφαιρα υπερυψωμένο δοχείο διαστολής. Οι ατμολέβητες παρήγαγαν ατμό πίεσης 8 bar , ο οποίος τροφοδοτούσε τις ατμομηχανές ($\varnothing 57 \text{ mm}$ για τις μικρές, $\varnothing 78 \text{ mm}$ για τη μεγάλη).



Εικόνα 4-2 Θυρίδα εισαγωγής λιθάνθρακα

4.2.1 Μικροί λέβητες

Ο ατμός από τις δύο εξατμίσεις της ατμομηχανής κάθε μικρού λέβητα, σε πίεση περίπου 1.5 bar, οδηγείται με κατάλληλο συλλέκτη σε σωλήνα $\varnothing 88$ mm, και από εκεί στον κύριο αγωγό ατμού $\varnothing 125$ mm. Σε νεότερες εποχές, οπότε τέθηκε εκτός λειτουργίας η ατμομηχανή, έγινε κατάλληλη μετασκευή με τοποθέτηση μειωτήρα στην έξοδο των 8 bar, οπότε και πάλι η πίεση υποβιβάζοταν στα 1.5-2 bar και οδηγείτο στον κύριο αγωγό των $\varnothing 125$ mm.

4.2.2 Μεγάλος λέβητας

Εδώ δε σώζεται η αρχική όδευση του ζωντανού ατμού. Ο ατμός υψηλής πίεσης οδηγείται με αγωγό $\varnothing 78$ mm στο μειωτήρα και από εκεί στον κύριο αγωγό των $\varnothing 125$ mm. Όπως προαναφέρθηκε, ο μεγάλος λέβητας ήταν και ο μόνος σε χρήση μετά το 1960 για την παραγωγή ατμού και την προώθηση του στα παλαιά ξηραντήρια.

4.2.3 Σύνοψη λεβήτων

Η λειτουργία του εργοστασίου βασιζόταν σε μια σειρά από μηχανήματα, τα οποία προήλθαν κυρίως από το εξωτερικό [28]. Σε αυτά συγκαταλέγονται και οι προαναφερθέντες λέβητες των οποίων η κατασκευάστρια εταιρεία είχε ως έδρα το Βέλγιο. Οι υπολογισμοί για την ποσότητα θερμότητας που παρήγαγαν θα γίνουν σε επόμενο κεφάλαιο, ωστόσο τα χαρακτηριστικά τους αναφέρονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4-3 Στοιχεία λεβήτων Πλινθοκεραμοποιείου

	Μικροί	Μεγάλος
Μάρκας	Thomas Sauteno	Thomas Sauteno
Χώρα προέλευσης	Βέλγιο	Βέλγιο
Ποσότητα (τμχ)	2	1
Επιφάνεια λέβητα (m²)	32	57
Διαστάσεις (Μ*Υ*Π) (mm)	3860*1250*1400	4500*1700*1800
Κύριος αγωγός ατμού (mm)	125	125
Πίεση λειτουργίας (bar)	6	6

4.3 Παραγωγή Μηχανικής – Ηλεκτρικής Ενέργειας

Στο αρχικό εργοστάσιο γινόταν συγχρόνως παραγωγή ατμού και κίνησης (συμπαγωγή), δεδομένου ότι το εργοστάσιο παρήγαγε αυτοδύναμα και τον ηλεκτρισμό του με δυο γεννήτριες συνεχούς ρεύματος (εικόνα 4-3)

**εικόνα 4-3 Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος**

που κινούνταν από τις εμβολοφόρες ατμομηχανές οι οποίες μετέτρεπαν την παλινδρομική κίνηση των εμβόλων σε περιστροφική μέσω μηχανισμών διωστήρα –στροφάλου (εικόνα 4-4).



εικόνα 4-4 Σύστημα διωστήρα-στροφάλου

Αργότερα το εργοστάσιο αγόραζε ηλεκτρισμό από τη ΔΕΗ, οπότε οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος λειτουργούσαν μόνο σε έκτακτη ανάγκη.

4.4 Βασικοί υπολογισμοί φούρνου Hoffman

Στο Σχήμα 4-1 επεξηγείται η λειτουργία του φούρνου σε εβδομαδιαία βάση. Σε δεδομένη στιγμή η φλόγα ψησίματος εστιάζεται σε δύο - τρεις στοές της καμίνου, τροφοδοτούμενη με καύσιμο (μίγμα λιθάνθρακα και λιγνίτη) από τις 16 αντίστοιχες οπές της οροφής. Η φλόγα εμποδίζεται να προωθηθεί σε επόμενο διαμέρισμα, με χάρτινα πετάσματα που διακόπτουν την κυκλοφορία καυσαερίων προς το γειτονικό, κατά την αντίστροφη ωρολογιακή φορά, διαμέρισμα. Έτσι η ροή του αέρα για την καύση γίνεται μέσω των διαμερισμάτων εργασίας (2 ή 3 κάθε φορά, αντιδιαμετρικά με τα διαμερίσματα της φλόγας), όπου οι εργάτες στοιβάζουν τα έτοιμα για ψήσιμο προϊόντα, αντικαθιστώντας τα ήδη ψημένα και ψυχθέντα προϊόντα. Ο αέρας αυτός, οδηγούμενος σε αντίστροφη ωρολογιακή φορά προς την φλόγα (που βρίσκεται στο αντιδιαμετρικό σημείο), διέρχεται διαδοχικά από άλλες παρτίδες ψημένων προϊόντων, των οποίων η θερμοκρασία είναι βαθμιαία υψηλότερη, αφού έχουν παραμείνει για ψύξη διάστημα από 0 έως 3.5 ημέρες αντίστοιχα. Έτσι επιτυγχάνεται βαθμιαία αύξηση της θερμοκρασίας και ξήρανση του αέρα καύσης, ώστε να καταλήγει στην περιοχή της φλόγας σε βέλτιστες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.

Τα καυσαέρια οδηγούνται προς την καμινάδα, διερχόμενα από τη θυρίδα στο δάπεδο του φούρνου στο χαμηλό κτιστό εσωτερικό αγωγό. Ο ελκυσμός είναι κυρίως τεχνητός (φουσητήρας στο πάνω μέρος του φούρνου, σε κεντρικό σημείο), λόγω του ανεπαρκούς ύψους της καπνοδόχου. Τα καυσαέρια ψύχονται μέσα στη στοά, προσδίδοντας ένα μέρος της ενθαλπίας τους στα τοιχώματα του φούρνου.

Η παραγωγή του φούρνου σε έναν πλήρη κύκλο λειτουργίας διάρκειας 1 εβδομάδας (επαναφορά της φλόγας στο αρχικό σημείο), ήταν 140.000 τούβλα (2 kg μάζα το καθένα) και 84.000 κεραμίδια (3 kg το καθένα).

Η θερμοκρασία ψησίματος ήταν άνω των 900°C, και σε καμία περίπτωση δεν έπρεπε να ξεπεράσει τους 1050°C (θερμοκρασία υαλοποίησης (τήξης) του υλικού). Επομένως, βάσει της κατασκευής του φούρνου και της διάταξης των προς ψήσιμο προϊόντων, οι συνολικά 16 εστίες φλόγας έπρεπε να «γλείφουν» όλα τα προϊόντα ομοιόμορφα.

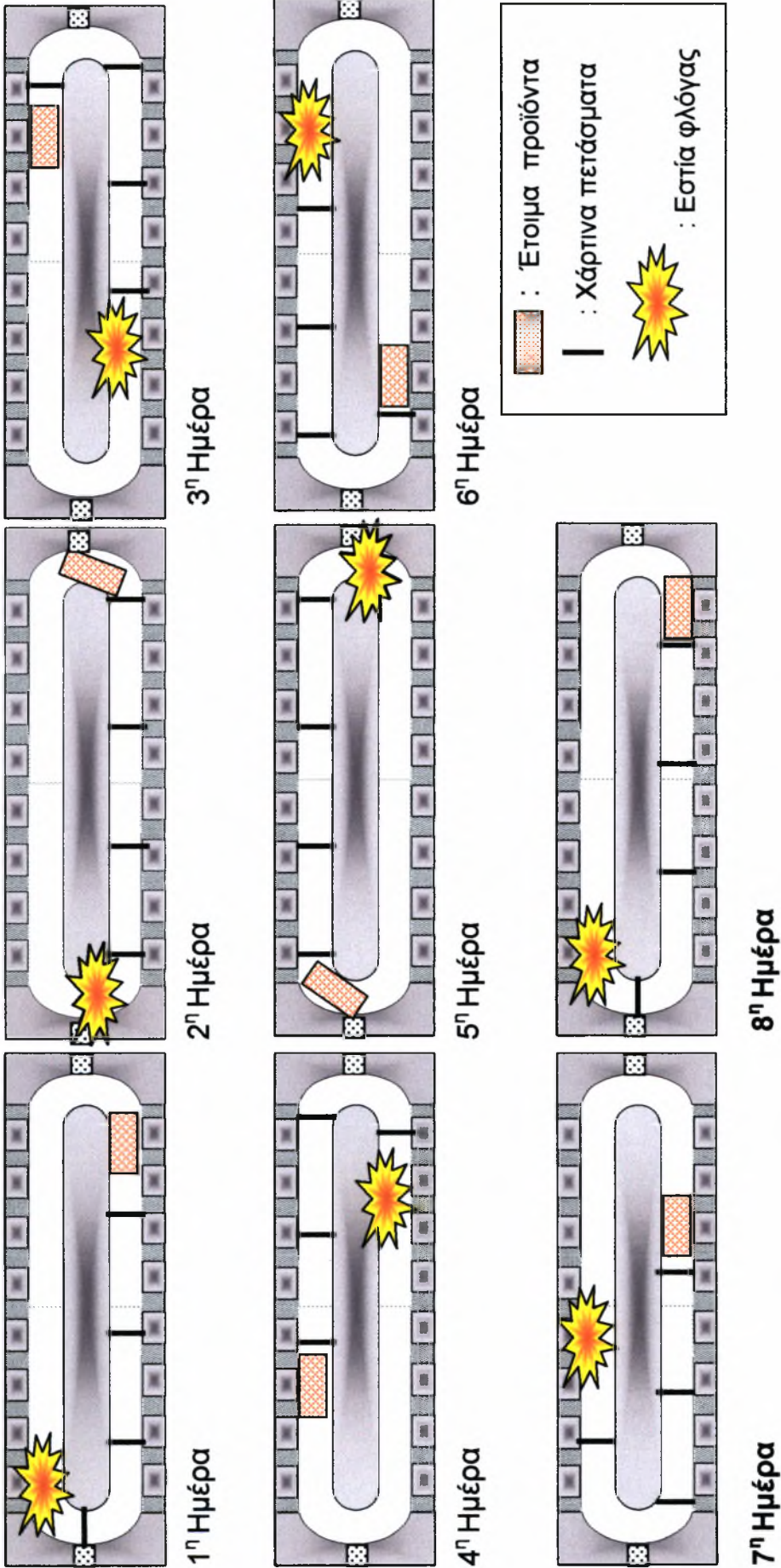
Η τεχνογνωσία για την κατασκευή του φούρνου προήλθε από το Βέλγιο. Οι ιδιαιτερότητές του ήταν αρκετές, (μετάδοση μέσω στοών θερμού αέρα στα ξηραντήρια, απαγωγή καυσαερίων από κεντρική καπνοδόχο κ.α.) και θα περιγραφούν αναλυτικότερα παρακάτω.

Ο Πίνακας 4-4 περιγράφει τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του.

Πίνακας 4-4 Χαρακτηριστικά στοιχεία λειτουργίας φούρνου Hoffman

Διαστάσεις	Ύψος (m)	2,5
	Μήκος (m)	51
	Πλάτος (m)	4.5
Χωρητικότητα κεραμιδιών σε ένα κύκλο λειτουργίας	Ψημένα (τμχ)	12000
	Προς ψήσιμο (τμχ)	72000
Χωρητικότητα τούβλων σε ένα κύκλο λειτουργίας	Ψημένα (τμχ)	20000
	Προς ψήσιμο (τμχ)	120000
Θερμοκρασίες	Ψησίματος (°C)	900
	Max (°C)	1000
Καύσιμο	Ορυκτό μίγμα	Λιθάνθρακας και λιγνίτης
Κύκλος λειτουργίας	Ημέρες	7

Εβδομαδιαία ροή της φλόγας στο φούρνο Hoffman (Κάτοψη)



Σχήμα 4-1 Εβδομαδιαία ροή φλόγας

4.5 Υπολογισμοί παλαιών ξηραντηρίων

4.5.1 Ατμός

Ο κύριος ατμαγωγός των $\varnothing 125\text{ mm}$, συνολικού μήκους περίπου 25 m, οδηγεί τον ατμό στα παλαιά ξηραντήρια. Σε κάθε διαμέρισμα ξηραντηρίων, διακλαδίζεται σε δύο άλλους αγωγούς, οι οποίοι διατρέχουν το διαμέρισμα σε μήκος 21 m ακριβώς κάτω από το επίπεδο του δαπέδου. Κάθε αγωγός φέρει πτερύγια τελικής διαμέτρου 170 mm, με απόσταση μεταξύ αυτών (pitch) 1 in (25.4 mm). Στο άκρο αυτών συνδέεται ο αγωγός συμπυκνώματος, $\varnothing 46\text{mm}$ με τον οποίο το συμπύκνωμα επιστρέφει στη δεξαμενή νερού τροφοδότησης του λέβητα ως θερμό νερό. Από τη δεξαμενή αυτή γινόταν άντληση νερού με ατμοκίνητες δίδυμες αντλίες και κατάθλιψη του στο λέβητα.

Ο Πίνακας 4-5 παρουσιάζει τον υπολογισμό της μεταδιδόμενης συνολικής θερμότητας από κάθε βρόγχο που απαρτίζεται από διπλό αγωγό με πτερύγια [15] [16] με βάση τις σχέσεις (4.6) και (4.7):

Πίνακας 4-5 Συνολική μεταδιδόμενη θερμότητα από κάθε βρόγχο

ΤΜΗΜΑ	Μήκος	Απόσταση πτερυγίων (m)	Μέσο πάχος πτερυγίων (m)	Θερμοκρασία ατμού (K)	Θερμοκρασία χώρου (K)	Διάμετρος σωλήνα εξωτερική (m)	Διάμετρος σωλήνα εσωτερική (m)
Ξηραντήρια	21	0.0254	0.0054	393	323	0.17	0.09
Ξηραντήρια	21	0.0254	0.0054	393	323	0.17	0.09

Συντελεστής συναγωγής ($\text{W/m}^2\text{K}$)	Βαθμός απόδοσης	Μεταδιδόμενη θερμότητα πτερυγίων (W)	Μεταδιδόμενη θερμότητα σωληνώσεων (W)	Μεταδιδόμενη συνολική θερμότητα (W)
15			4906.56	4906.56
15	0.6	17009.40		17009.40
				21915.96

Στο σύνολό τους οι βρόγχοι ήταν 51 (από 2 στα 17 ξηραντήρια των τούβλων και από 1 στα 17 ξηραντήρια κεραμιδιών) με διπλό αγωγό, κατά συνέπεια στα παλαιά ξηραντήρια υπήρχαν 102 αγωγοί με πτερύγια.

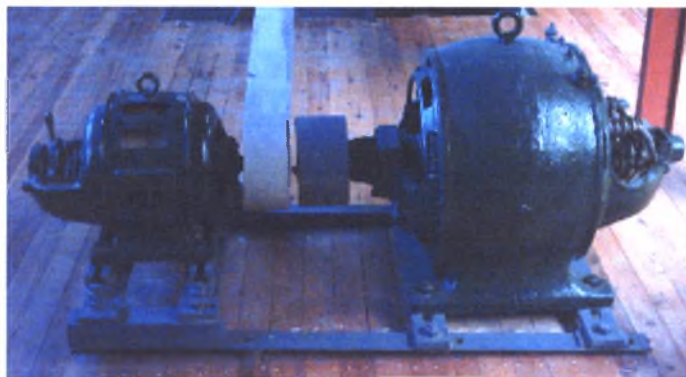
Η συνολική μεταδιδόμενη θερμότητα στα παλαιά ξηραντήρια από τον ατμό ανερχόταν στα **2235 kW** (102 αγωγοί* 21916 W).

$$\dot{Q}_{\sigma\omega\lambda.} = h \times A_{\sigma\omega\lambda.} \times \Delta T \quad (4.6)$$

$$\dot{Q}_{\pi\tau\epsilon\rho.} = n_f \times h \times A_{\pi\tau\epsilon\rho.} \times \Delta T \quad (4.7)$$

4.5.2 Αέρας από φούρνο Hoffman

Ο εσωτερικός αγωγός ανάκτησης θερμού αέρα που διατρέχει, από την εσωτερική περίμετρο στο πάνω μέρος, το φούρνο Hoffman, έχει διάμετρο $\varnothing 700$ mm και δέχεται μέσω κατάλληλων κινητών συλλεκτών, αέρα από συγκεκριμένο κάθε φορά τμήμα της οροφής του φούρνου (16 (4x4) στόμια $\varnothing 200$ mm κάθε φορά οδηγούνται μέσω των 4 κινητών συλλεκτών από λαμαρίνα, στο αντίστοιχο στόμιο $\varnothing 420$ mm του εσωτερικού περιμετρικού αγωγού ανάκτησης). Στη μία πλευρά του εσωτερικού αγωγού ανάκτησης, συνδέεται η έξοδός του, διαμέτρου $\varnothing 1000$ mm, που οδηγεί σε φυσητήρα με διάμετρο φτερωτής 1000 mm και πλάτος πτερυγίων 800 mm. Ο φυσητήρας κινείται από ηλεκτροκινητήρα μάρκας Siemens Schuckert (Εικόνα 4-5) (εναλλακτικά από Η/Κ εναλλασσόμενου ή συνεχούς ρεύματος), ισχύος 7.5 Ηρ, αριθμό στροφών 945/567 rpm και σχέση μετάδοσης 240/400 mm (λόγος διαμέτρων τροχαλιών Η/Κ – φυσητήρα).



Εικόνα 4-5 Ηλεκτροκινητήρας Siemens Schuckert

4.5.3 Υπολογισμοί θερμικής ισχύος που ανακτάται από το φούρνο Hoffman

4.5.3.1 Υπολογισμός πτώσης πίεσης του δικτύου σωληνώσεων φούρνου – παλαιών ξηραντηρίων

Όπως προαναφέρθηκε, ο κινητήρας που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση του αέρα από το φούρνο σύμφωνα με τις προδιαγραφές του λειτουργεί σταθερά στις 945 rpm και η ισχύς του είναι 7,5 Hp. Οι επί τόπου μετρήσεις τόσο για την τροχαλία του κινητήρα, όσο και για αυτή της φτερωτής έδειξαν ότι οι διάμετροι τους είναι 240 και 400 mm αντίστοιχα.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad (4.8)$$

όπου N_i $i=1,2$ οι στροφές των τροχαλιών

Επομένως προκύπτει ότι η φτερωτή περιστρέφεται με 567 στροφές ανά λεπτό. Μετρώντας τη διάμετρο της εισαγωγής σε 1 m (ø1000) οδηγούμαστε από το διάγραμμα της πτώσης πίεσης (Παράρτημα II) στον πίνακα που βρίσκεται στο Παράρτημα III για την παροχή του αέρα σε τιμές μεταξύ 26000 m³/h και 29172 m³/h.

Το συνολικό μήκος του δικτύου αναρρόφησης είναι περίπου 60 m. Τα 40 από αυτά βρίσκονται στην εσωτερική διάμετρο του φούρνου όπου υπάρχουν δύο αεραγωγοί ø700 των 20 m έκαστος, οι οποίοι οδεύουν προς το φυσητήρα. Επιπρόσθετα 10 m αγωγοί με διαφορετικές υδραυλικές διαμέτρους κυρίως στην είσοδο του δικτύου και στα επιμέρους εξαρτήματα (ταφ, γωνίες, διαχύτες), και επιπλέον άλλα 10 m αγωγού ø1000 από τον ανεμιστήρα έως τα ξηραντήρια, από τη διαδρομή που οδηγείται και ο θερμός αέρας.

Υποθέτουμε βάσει του παραρτήματος III ότι η παροχή είναι 26000 m³/ h ή 7,2 m³/ s.

Από το διάγραμμα της πτώσης πίεσης σε κυκλικούς αγωγούς (Σχήμα 8-1) για παροχή 7200 lit/ s (7,2 m³/ s) και αγωγούς με διατομές ø200, ø420, ø700 & ø1000 προκύπτει ο Πίνακας 4-6 για τις συνολικές απώλειες στο δίκτυο σωληνώσεων από το φούρνο Hoffman έως τα παλαιά ξηραντήρια [17].

Πίνακας 4-6 Συνολικές απώλειες στο δίκτυο σωληνώσεων από το φούρνο Hoffman στα παλαιά ξηραντήρια

ΤΜΗΜΑ		Μήκος (m)	Παροχή (m ³ /s)	Παροχή στο συγκεκριμένο σημείο μέτρησης m ³ /s	Διαστάσεις αγωγού (mm x mm)	Διάμετρος (mm)	Διατομή (m ²)	Ταχύτητα (m/s)	R (Pa/m)	C ₀	C _{0,b}	C _{0,s}	Δp (Pa)
							Βάσει υδραυλικής διαμέτρου						
	Εξάρτημα (Είσοδος)		0.45		270 x 160	200	0.03	14.32		0.5			61.52
1-2	Γραμμή	1.5	0.45		270 x 160	200	0.03	14.32	13				19.50
	Εξάρτημα (Ταφ Φ200 σε Φ420)		0.45	0.45			0.14	3.25			22	0	139.18
2-3	Γραμμή	3	1.8			420	0.14	12.99	4.6				13.80
	Εξάρτημα (Γωνία Φ420 σε Φ420)		1.8				0.14	12.99		0.37			37.45
3-4	Γραμμή	0.5	1.8			420	0.14	12.99	4.6				2.30
	Εξάρτημα (Ταφ Φ420 σε Φ700)		1.8	1.8			0.38	4.68			3	0	39.42
4-5	Γραμμή	20	7.2			700	0.38	18.72	4.8				96.00
	Εξάρτημα (Διαχύτης από Φ700 σε Φ1000)		7.2			1000		18.72		0.2			42.05
5-6	Γραμμή	1	7.2			1000	0.79	9.17	0.8				0.80
	Εξάρτημα (Γωνία Φ1000 σε Φ1000)		7.2			1000	0.79			0.37			18.68
6-7	Γραμμή	1	7.2			1000	0.79	9.17	0.8				0.80

	Εξάρτημα (Γωνία Φ1000 σε Φ1000)	7.2				1000	0.79					0.37		18.68
7-8	Γραμμή Ανεμιστήρας	1.5	7.2			1000	0.79	9.17	0.8				1.20	
8-9	Γραμμή	2	7.2			1000	0.79	9.17	0.8				1.60	
	Εξάρτημα (Γωνία Φ1000 σε Φ1000)		7.2			1000	0.79					0.37		18.68
9-10	Γραμμή	3.5	7.2			1000	0.79	9.17	0.8				2.80	
	Εξάρτημα (Γωνία Φ1000 σε Φ1000)		7.2			1000	0.79					0.37		18.68
10-11	Γραμμή	1.5	7.2			1000	0.79	9.17	0.8				1.20	
	Έξοδος		7.2					9.17				0.88		44.42

576.73

4.5.3.2 Θερμός αέρας - Θερμικοί υπολογισμοί ανάκτησης

Εκτός από την ποσότητα θερμότητας που προερχόταν από τον ατμό στα παλαιά ξηραντήρια, σημαντική ήταν η ποσότητα που προσέδιδε και ο θερμός αέρας του φούρνου με τη βοήθεια ενός φυσητήρα. Στα 34 ξηραντήρια τούβλων και κεραμιδιών η θερμότητα μοιραζόταν ισόποσα για να επιτυγχάνεται χρονικά σταθερή παραγωγή αποξηραμένων προϊόντων.

Η θερμοκρασία εισόδου του αέρα, από το φούρνο στον εσωτερικό αγωγό ανάκτησης που βρισκόταν στο πάνω μέρος του φούρνου, υπολογίζεται στους 120°C.

Το γεγονός, ότι στο εσωτερικό των ξηραντηρίων δούλευαν εργάτες με τα παλλετοφόρα οχήματα, επιβεβαιώνει την υπόθεση πως η θερμοκρασία πλησίαζε τους 50°C. Αυτός άλλωστε είναι και ο λόγος που η ξήρανση, ελλείπει ανάδευσης, διαρκούσε περίπου 7 ημέρες σε αντίθεση με σημερινά ξηραντήρια όπου οι υψηλότερες θερμοκρασίες και οι νέες μέθοδοι μειώνουν το χρόνο ξήρανσης μέχρι και στα 40 λεπτά [10] [18].

Για να υπολογιστεί η ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται από το φούρνο Hoffman στα παλαιά ξηραντήρια, χρησιμοποιείται η εξίσωση (4.9)

$$\dot{Q} = \dot{V} \times \rho \times C_p \times \Delta T \quad (4.9)$$

για ογκομετρική παροχή αέρα $\dot{V} = 7,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (παράγραφος 4.5.3.1), πυκνότητα $\rho = 0,88 \text{ kg}/\text{m}^3$ (στους 120°C [19]) και ειδική θερμότητα αέρα $C_p = 1 \text{ kJ}/\text{kg K}$.

Η θερμική ισχύς που οδηγείται από το φούρνο στα ξηραντήρια είναι ίση με:

$$\dot{Q} = 7,2 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,83 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 1 \text{ kJ}/\text{kg K} \times (120-50) \text{ K} = \mathbf{443 \text{ kW}}.$$

4.6 Υπολογισμοί νέων ξηραντηρίων

Στα νέα ξηραντήρια (κεραμιδιών), που κατασκευάστηκαν μετά το 1960 ο θερμός αέρας προερχόταν από έναν αερολέβητα ο οποίος βρισκόταν σε μικρή απόσταση από αυτά. Το καύσιμο που χρησιμοποιούσε ήταν το βαρύ πετρέλαιο και ο αέρας εισερχόταν με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα και ενός κινητήρα με ονομαστική ταχύτητα 1450 στροφές ανά λεπτό από όπου υπολογίζεται ότι οι στροφές της φτερωτής είναι 967 rpm, καθώς οι διάμετροι των τροχαλιών είναι 160 και 240 mm αντίστοιχα.

Θεωρώντας ως όγκο ελέγχου τον εναλλάκτη θερμότητας (αέρα) ισχύει ότι η ενθαλπία του αέρα που εισέρχεται (h_{in}) προστιθέμενη στην ενέργεια που προέρχεται από το καύσιμο (Q_{in}) ισούται με την ενθαλπία (h_{out}) που εξέρχεται (Σχήμα 4-2).



Σχήμα 4-2 Ισοζύγιο ενέργειας για τον αέρα του αερολέβητα

Έτσι ισχύει:

$$h_{in} + Q_{in} = h_{out} \quad (4.10)$$

από όπου προκύπτει

$$\dot{m}_{Air} \times C_p \times T_{in} + n \times \dot{m}_{καυσ} \times H_{πετ} = \dot{m}_{Air} \times C_p \times T_{out} \quad (4.11)$$

και τέλος,

$$\Delta T = \frac{n \times \dot{m}_{καυσ} \times H_{πετ}}{\dot{m}_{Air} \times C_p} \quad (4.12)$$

Θεωρούμε ότι ο βαθμός απόδοσης η (που σχετίζεται με την απόδοση της καύσης και τη μετάδοση θερμότητας στον αέρα) είναι περίπου 0.8, η παροχή του καυσίμου είναι $\dot{m}_{καυσ}=70 \text{ kg/ h}$ σε μια μέση τιμή σε σχέση με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή (25-95 kg/ h) και η θερμογόνο δύναμη του πετρελαίου (H_{pet}) είναι 10000 kcal/ kg. Επίσης, η πυκνότητα του αέρα ισούται με $1,2 \text{ kg/ m}^3$, η παροχή του $40000 \text{ m}^3/ \text{h}$ (προκύπτει από τον πίνακα στο Παράρτημα III για 967rpm) ($\dot{m}_{Air} = \rho \times \dot{V}$) και τέλος γνωρίζοντας ότι η θερμοχωρητικότητα είναι $C_p=0,24 \text{ kcal/ kg}^{\circ}\text{C}$, προκύπτει ότι η επιπλέον θερμοκρασία στα νέα ξηραντήρια των κεραμιδιών είναι περίπου 49°C .

Επομένως η τελική θερμοκρασία που πρέπει να έχει ο αέρας στο εσωτερικό των νέων ξηραντηρίων είναι 67°C (49 από τον αερολέβητα και 18 από την ήδη υπάρχουσα θερμοκρασία περιβάλλοντος).

Για τον υπολογισμό της θερμικής ισχύος στα νέα ξηραντήρια χρησιμοποιούμε την εξίσωση (4.9). Άρα έχουμε:

$$Q=11.11 \text{ m}^3/ \text{s} \cdot 1.029 \text{ kg/ m}^3 \cdot 1 \text{ kJ/ kg K} (67-18) \text{ K}=\mathbf{560 \text{ kW}}$$

4.7 Σύνοψη ξηραντηρίων

Για την περιγραφή των ξηραντηρίων και την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας τους δημιουργήθηκε ο Πίνακας 4-7.

Πίνακας 4-7 Στοιχεία ξηραντηρίων

	Παλαιά ξηραντήρια	Νέα ξηραντήρια
Αριθμός	34	6
Διαστάσεις ΜxΠxΥ (m)	21.5x1.75x(3-4)	13.95x6.5x4
Αποδιδόμενη θερμότητα (kW)	(2235+433)= 2668 (Ατμός+ θερμός αέρας)	443
Περιοχή απόδοσης θερμότητας	Ατμομηχανές και φούρνος	Αερολέβητας
Χρόνος ξήρανσης (Ημέρες)	7	2-3
Ανάδευση αέρα	ΟΧΙ	ΝΑΙ
Θερμοκρασία χώρου ($^{\circ}\text{C}$)	50	67

5 Κατευθύνσεις Βελτιστοποίησης

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν τα κύρια χαρακτηριστικά του σχεδιασμού, από θερμική άποψη, της διαδικασίας παραγωγής στο προπολεμικό εργοστάσιο.

Η σύγκριση με τα αντίστοιχα δεδομένα για ένα σύγχρονο εργοστάσιο, που παρουσιάστηκαν στο κεφάλαιο 3, δείχνει ότι οι βελτιώσεις στο κομμάτι της αυτοματοποίησης της λειτουργίας που ελαχιστοποιεί το εργατικό κόστος, είναι συγκριτικά περισσότερες από τις αντίστοιχες βελτιώσεις στο κομμάτι του θερμικού σχεδιασμού [20]. Ενδεχομένως αυτό να οφείλεται στην προσπάθεια εξάντλησης των περιθωρίων εντατικοποίησης της παραγωγής, σε συνθήκες σχετικά χαμηλού ενεργειακού κόστους, αλλά ολοένα αυξανόμενου κόστους εργασίας.

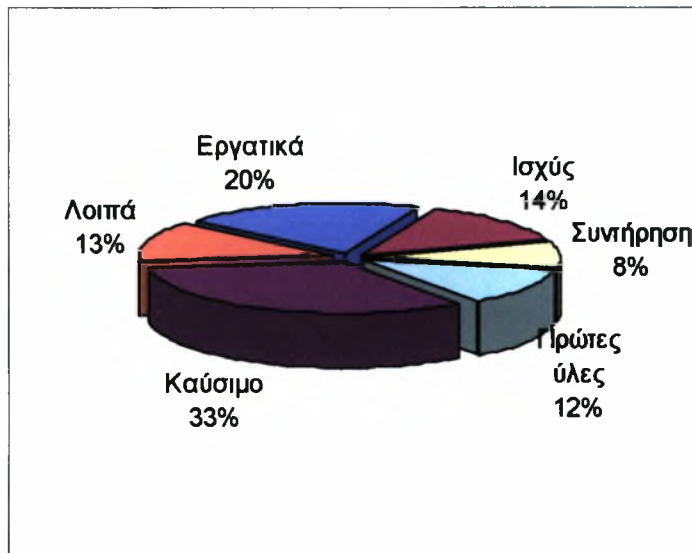
5.1 Ανάλυση συντελεστών κόστους τελικού προϊόντος

Τα βασικά στοιχεία που καθορίζουν το κόστος παραγωγής των προϊόντων είναι:

- Η ενέργεια (κάρβουνο),
- Τα εργατικά (μισθοί – ασφάλιση - παροχές προσωπικού),
- Οι πρώτες ύλες (εξόρυξη - μεταφορά αργιλοχώματος),
- Η συντήρηση και οι επισκευές των μηχανημάτων και
- Οι αποσβέσεις του εξοπλισμού και των κτιρίων.

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία ερευνητικών προγραμμάτων που χρηματοδοτούνται από την Ε.Ε. [21] [22] , ένας μέσος όρος¹ της αναλογίας του κόστους παραγωγής των πλινθοκεραμοποιείων αποτυπώνεται στο Διάγραμμα 5-1.

¹ Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα κυρίως σε Ευρωπαϊκά κράτη με τη μεγαλύτερη παραγωγή τέτοιου είδους προϊόντων όπως είναι η Ιταλία, η Γαλλία και η Ισπανία



Διάγραμμα 5-1 Αναλογία κόστους παραγωγής προϊόντων πλινθοκεραμοποιείων στην Ε.Ε.

Είναι σαφές πως το μεγαλύτερο ποσοστό της τελικής τιμής πώλησης του προϊόντος, είτε αυτό είναι το τούβλο είτε το κεραμίδι, οφείλεται στην ενέργεια που καταναλώνεται κατά την παραγωγή του και στο εργατικό κόστος που απαιτεί αυτή. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τις εκτιμήσεις των υπευθύνων μηχανικών σε σύγχρονα εργοστάσια της κατηγορίας αυτής, όπου τα μεγέθη που αντιστοιχούν στην κατανάλωση ενέργειας (καύσιμο και ισχύς) και στο κόστος του εργατικού δυναμικού, επιβαρύνουν περισσότερο το κόστος παραγωγής [23].

Οι εκτιμήσεις που αποτυπώθηκαν σε διαγράμματα αναφέρονται σε σύγχρονα εργοστάσια και επομένως δεν εκφράζουν απόλυτα την κατάσταση στο εργοστάσιο Ν. & Σ. Τσαλαπάτα. Η έλλειψη των λογιστικών βιβλίων του πρώην πλινθοκεραμοποιείου όταν αυτό βρισκόταν σε λειτουργία, δυσκολεύει σε μεγάλο βαθμό την αποτίμηση της δομής του κόστους τόσο της παραγωγής, όσο και της πώλησης των κεραμιδιών και των τούβλων. Στη συνέχεια θα γίνει μια προσπάθεια εκτίμησης της σχετικής βαρύτητας της κάθε συνιστώσας του κόστους, προσαρμοσμένη βέβαια και στα στοιχεία που υπάρχουν από τα σύγχρονα αντίστοιχα εργοστάσια [24] [25].

5.2 Εκτίμηση κόστους παραγωγής τελικού προϊόντος στο πλινθοκεραμοποιείο Ν. & Σ. Τσαλαπάτα

Για την εκτίμηση του κόστους του τελικού προϊόντος θα γίνει αναγωγή στα σημερινά κοστολόγια, δεδομένου ότι:

- 1) Η ακριβής εκτίμηση του κόστους ξεφεύγει από τα όρια της παρούσας εργασίας,
- 2) Το εργοστάσιο λειτούργησε σε περίοδο μεγάλων ανακατατάξεων στην ελληνική και παγκόσμια οικονομία (1925-1977).

Για το λόγο αυτό, άλλωστε, δεν αναζητήθηκαν οικονομικά στοιχεία για τους διάφορους συντελεστές κόστους της εκάστοτε εποχής. Μια χρήσιμη εκτίμηση μπορεί να γίνει εξετάζοντας τον επιμερισμό του κόστους του τελικού προϊόντος με βάση σημερινά οικονομικά στοιχεία και με κάποιες απλοποιητικές παραδοχές [26].

Το καύσιμο αποτελεί έναν από τους κυριότερους παράγοντες κόστους, επομένως θα μπορούσαμε να ορίσουμε ως αντιπροσωπευτική χρηματική μονάδα τη σημερινή αξία ενός λίτρου πετρελαίου κίνησης.

$$1 \text{ X.M.} = \text{αξία } 1 \text{ lit diesel} \sim 0,7 \text{ €}$$

Εάν κάνουμε την απλοποιητική παραδοχή ότι το κόστος εργασίας μεταβάλλεται σε αναλογία με το κόστος του καυσίμου, τότε μπορούμε να αναγάγουμε τους διάφορους συντελεστές κόστους σε συνάρτηση με το κόστος του καυσίμου. Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει την αναγωγή των συντελεστών κόστους σε σημερινά οικονομικά στοιχεία.

Πίνακας 5-1 Αναγωγή συντελεστών κόστους σε σημερινά δεδομένα

Συντελεστής κόστους		Σημερινή τιμή	X.M.	Παρατηρήσεις
Ενέργεια	Πετρέλαιο	0.7	1	Ανά λίτρο
Εργατικά	Ανειδίκευτοι	8400	12000	Ανά έτος
	Ειδικευμένοι	10800	15429	Ανά έτος
	Στελέχη	13200	18857	Ανά έτος
Συντήρηση	Συντήρηση	100000	142857.1	Ανά έτος

Αποσβέσεις	Αποσβέσεις	150000	214285.7	Ανά έτος
Λοιπά έξοδα	Μεταφορικά (Τραίνα)	1	1.4	Ανά τόνο και km
	Μεταφορικά (Φορτηγά)	0.3	0.4	Ανά τόνο και km
	Αναλώσιμα- Γενικά έξοδα	40000	57142.9	Ανά έτος
	Αστάθμητοι παράγοντες	30000	42857.1	Ανά έτος

Με βάση τα προηγούμενα το κόστος μπορεί να εκτιμηθεί στις δύο διακριτές περιόδους λειτουργίας του εργοστασίου, όπως παρουσιάζει ο Πίνακας 5-2 για την περίοδο Ι (1925-1960), οπότε και υπήρχε ένταση εργασίας και ο Πίνακας 5-3 για την περίοδο ΙΙ (1960-1977).

Αναλυτικότερα:

Περίοδος Ι

Πίνακας 5-2 Εκτίμηση κόστους της περιόδου Ι (1925 - 1960)

Συντελεστής κόστους		Ποσότητα	Χ.Μ.	Σύνολο ανά έτος (Χ.Μ.)	%
Ενέργεια	Κάρβουνο	4000000	0.3	1200000	26.86%
	Μαζούτ			0	0.00%
Εργατικά	Ανειδίκευτοι	180	12000	2160000	48.34%
	Ειδικευμένοι	20	15429	308571	6.91%
	Στελέχη	3	18857	56571	1.27%
Συντήρηση	Συντήρηση	1	142857.1	142857	3.20%
Αποσβέσεις	Αποσβέσεις	1	214285.7	214286	4.80%
Λοιπά έξοδα	Μεταφορικά (Τραίνα)	200000	1.4	285714	6.39%
	Μεταφορικά (Φορτηγά)		0.4	0	0.00%
	Αναλώσιμα- Γενικά έξοδα	1	57142.9	57143	1.28%
	Αστάθμητοι παράγοντες	1	42857.1	42857	0.96%
Σύνολο				4468000	100.00%

Περίοδος II

Πίνακας 5-3 Εκτίμηση κόστους της περιόδου II (1960 - 1977)

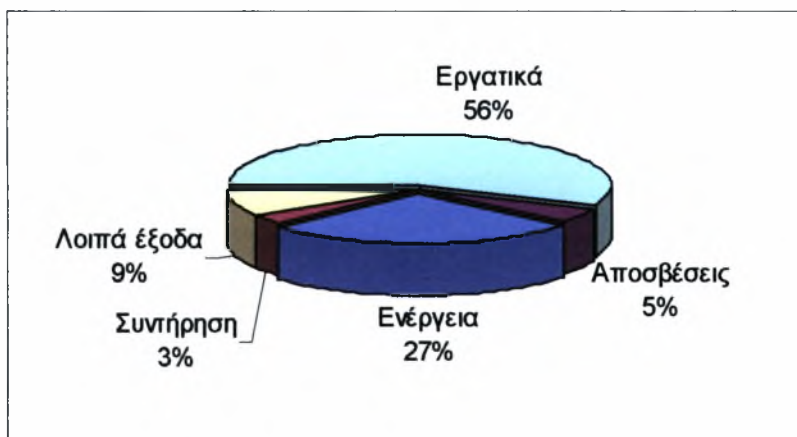
Συντελεστής κόστους		Ποσότητα	Χ.Μ.	Σύνολο ανά έτος (Χ.Μ.)	%
Ενέργεια	<i>Κάρβουνο</i>	3000000	0.3 ²	900000	23.84%
	<i>Μαζούτ</i>	613000	0.5	306500	8.12%
Εργατικά	<i>Ανειδίκευτοι</i>	130	12000	1560000	41.33%
	<i>Ειδικευμένοι</i>	20	15429	308571	8.18%
	<i>Στελέχη</i>	3	18857	56571	1.50%
Συντήρηση	<i>Συντήρηση</i>	1	142857.1	142857	3.78%
Αποσβέσεις	<i>Αποσβέσεις</i>	1	214285.7	214286	5.68%
Λοιπά έξοδα	<i>Μεταφορικά (Τραίνα)</i>	100000	1.4	142857	3.78%
	<i>Μεταφορικά (Φορτηγά)</i>	100000	0.4	42857	1.14%
	<i>Αναλώσιμα-Γενικά έξοδα</i>	1	57142.9	57143	1.51%
	<i>Αστάθμητοι παράγοντες</i>	1	42857.1	42857	1.14%
Σύνολο				3774500	100.00%

Οι δύο παραπάνω πίνακες βασίζονται σε ημιεμπειρικές εκτιμήσεις και σε σειρά δεδομένων που συλλέχθηκαν από το εργοστάσιο.

Για την κατανόησή τους δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα που ακολουθούν και παρουσιάζουν τα ποσοστά που αναλογούν σε κάθε συντελεστή κόστους.

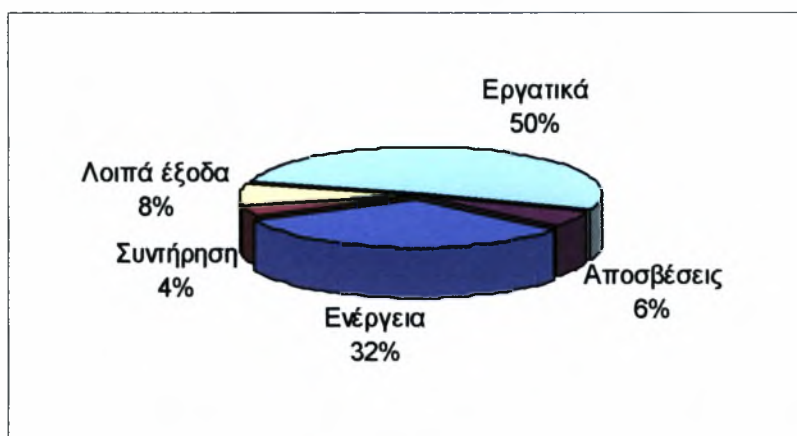
Για την πρώτη περίοδο, προκύπτει:

² Η αναλογία προκύπτει από το λόγο της τιμής επεξεργασμένου πετρελαίου προς κάρβουνο σύμφωνα με στοιχεία του Υπουργείου Οικονομικών των Η.Π.Α.



Διάγραμμα 5-2 Κατανομή κόστους παραγωγής της περιόδου Ι

Και αντίστοιχα για τη δεύτερη περίοδο:



Διάγραμμα 5-3 Κατανομή κόστους παραγωγής της περιόδου ΙΙ

5.2.1 Σύγκριση των δύο περιόδων

Η χρονική διάρκεια λειτουργίας του εργοστασίου (50 χρόνια) και η περίοδος που αυτή έλαβε χώρα (1925 - 1977), περιλαμβάνουν μια σειρά γεγονότων που επηρέασαν την πορεία του. Ο Β' Παγκόσμιος Πόλεμος, ο σεισμός στην πόλη του Βόλου το 1956 και η δυνατότητα αγοράς ηλεκτρικού ρεύματος από τη ΔΕΗ μετά το 1960 επηρέασαν άμεσα το πλινθοκεραμοποιείο και ο λόγος που γίνεται σύγκριση των περιόδων 1925-'60 και 1960-'77 είναι ότι παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις στον τρόπο λειτουργίας.

Αν αναλύσει κανείς τα διαγράμματα που προηγήθηκαν, μπορεί εύκολα να διαπιστώσει ότι το μεγαλύτερο μέρος του κόστους παραγωγής και στις δύο περιπτώσεις οφείλεται στα εργατικά και την ενέργεια.

Στην πρώτη περίοδο, όπως ήδη έχει αναφερθεί, διακρίνεται ένταση εργασίας. Η πληθώρα των εργατών και η έλλειψη ορισμένων μηχανημάτων (π.χ. εκσκαφών για την εξόρυξη χώματος) αύξησε σημαντικά το ποσοστό των εργατικών σε σύγκριση με όλα τα άλλα μεγέθη. Η αναλογία κόστους εργατικών προς κόστος ενέργειας άγγιζε την τιμή του 2,1.

Ο ίδιος λόγος κατά τη δεύτερη περίοδο, μειώθηκε στο 1,59 κυρίως εξαιτίας της μείωσης στο εργατικό δυναμικό. Η αγορά ηλεκτρικού ρεύματος από τη ΔΕΗ οδήγησε σε μείωση των θέσεων εργασίας καθώς μια σειρά εργασιών αυτοματοποιήθηκαν.

Τα ποσοστά στους υπόλοιπους συντελεστές κόστους για τις δύο περιόδους παραμένουν σχεδόν ίδια, κατάσταση που υποδηλώνει ότι οι ανάγκες και τα έξοδα του εργοστασίου παρέμεναν σταθερά σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας του.

5.2.2 Σύγκριση με σημερινά δεδομένα

Η σύγκριση με δεδομένα για αντίστοιχα εργοστάσια που βρίσκονται σε λειτουργία σήμερα (Διάγραμμα 5-1), δείχνει ότι έχουν γίνει κάποια βήματα προόδου. Νέες αυτοματοποιημένες μέθοδοι για την ξήρανση και το ψήσιμο τούβλων και κεραμιδιών έχουν μειώσει αισθητά το εργατικό κόστος. Η αναλογία εργατικού προς ενεργειακό κόστος κυμαίνεται περίπου στο 0,42, τιμή κατά πολύ χαμηλότερη από τις αντίστοιχες τιμές στις περιόδους I και II για το πλινθοκεραμοποιείο Ν. & Σ. Τσαλαπάτα.

Στις μελέτες που διεξήχθησαν για τα σύγχρονα εργοστάσια [23] [27], διαπιστώνεται επίσης πολύ μεγάλο ποσοστό κόστους για τις πρώτες ύλες (12%). Στο εργοστάσιο που μελετάται στην παρούσα εργασία το σύνολο των εκτάσεων εξόρυξης ανήκε στην οικογένεια Τσαλαπάτα και κατά συνέπεια δεν υπήρχε κόστος αγοράς πρώτων υλών, αλλά υπήρχε κόστος για τη μεταφορά και την εξόρυξη τους που συμπεριλαμβάνεται στις άλλες κατηγορίες (αποσβέσεις, εργατικά, μεταφορές).

Είναι επίσης σαφές, ότι τα υπόλοιπα έξοδα, πλην των εργατικών, στα σύγχρονα εργοστάσια δείχνουν αυξημένα. Αυτό δεν οφείλεται στο γεγονός ότι έχει αλλάξει το κόστος για τις ανάγκες (μεταφορικά, αναλώσιμα κτλ), αλλά η ψαλίδα μεταξύ γενικών εξόδων και κόστους εργατικών έχει κλείσει σημαντικά. Η αιτιολόγηση του παραπάνω γεγονότος έγκειται κυρίως στις προσπάθειες που έχουν γίνει παγκοσμίως για την αυτοματοποίηση και έχουν ως πρωταρχικό

στόχο το κέρδος. Το γεγονός ότι οι λοιποί παράγοντες (πλην εργατικών και ενέργειας) έχουν μικρότερη επιρροή στο κόστος παραγωγής, βεβαιώνει πως οι προσπάθειες για τη μείωσή τους δεν είναι εντατικές διότι δεν υπάρχουν σημαντικά περιθώρια βελτίωσης και το κέρδος που μπορεί να επιτευχθεί είναι μικρό.

5.3 Παράγοντες κόστους

5.3.1 Ενέργεια

Όπως υπολογίστηκε στο τέταρτο κεφάλαιο, οι ενεργειακές απαιτήσεις του εργοστασίου ήταν μεγάλες. Η ετήσια κατανάλωση, που ξεπερνούσε τους 4000 τόνους λιθάνθρακα, αποτελούσε έναν από τους βασικούς παράγοντες επιρροής στο τελικό κόστος παραγωγής των προϊόντων. Ωστόσο, η ποσότητα αυτή ήταν δύσκολο να μειωθεί καθώς στα πλινθοκεραμοποιεία απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες για το ψήσιμο (~1000°C), αλλά ενδεχόμενα και αρκετή κατανάλωση ενέργειας για την ξήρανση των προϊόντων (~100°C).

Αξίζει να σημειωθεί ότι όσο ακριβότερο καύσιμο χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας (σε σχέση με τη θερμογόνο δύναμή του), τόσο αυξάνονται και οι δαπάνες του ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος.

5.3.2 Εργατικά

Το ύψος των ημερομισθίων ήταν ένας ακόμη βασικός συντελεστής αύξησης του κόστους του τελικού προϊόντος. Σε περιόδους που το πλινθοκεραμοποιείο βρισκόταν σε ένταση εργασίας, κυρίως κατά τα πρώτα χρόνια λειτουργίας του, ο αριθμός των εργατών ξεπερνούσε τους 300 [28]. Ωστόσο, τη χρονική περίοδο που ξεκίνησε το εργοστάσιο ήταν αδύνατον να υπάρξει αυτοματοποίηση στην παραγωγή, κατάσταση που βοήθησε και στην καταπολέμηση της ανεργίας που προέκυψε από το μεγάλο κύμα μετανάστευσης.

Σε σύγχρονες μονάδες για την παραγωγή ίδιας ποσότητας προϊόντων απαιτείται πολύ μικρότερος αριθμός εργατών σε σύγκριση με το παρελθόν, εξαιτίας της αυτοματοποίησης. Ο εξελιγμένος μηχανολογικός εξοπλισμός οδηγεί στην αύξηση της παραγωγής με ταυτόχρονη μείωση εργατών. Αυτό

άλλωστε αποδείχθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο με το μειωμένο λόγο εργατικού προς ενεργειακό κόστος (0,42) στα νέα εργοστάσια, σε σχέση με τους υπολογισμούς για το εργοστάσιο Τσαλαπάτα (2,1 και 1,59).

5.3.3 Συντήρηση

Ουσιαστική συμβολή στην αύξηση του κόστους παραγωγής είχε ο παράγοντας της συντήρησης και των επισκευών των μηχανών του εργοστασίου. Οι σύγχρονες, για εκείνη την εποχή, ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις σε συνδυασμό με την εγχώρια έλλειψη τεχνογνωσίας, απαιτούσαν συντήρηση από έμπειρους μηχανικούς της κατασκευάστριας εταιρείας που είχε ως έδρα το Βέλγιο. Με την πάροδο των ετών η τεχνογνωσία μεταδόθηκε σε Έλληνες μηχανικούς και κυρίως στον τελευταίο ιδιοκτήτη κ. Άρη Τσαλαπάτα, οι οποίοι με τη σειρά τους επωμίστηκαν το βάρος της συντήρησης για την εύρυθμη λειτουργία της μονάδας.

Στις σύγχρονες μονάδες παραγωγής, η αυτοματοποίηση έχει ως φυσικό επακόλουθο το αυξημένο κόστος συντήρησης όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 5-1.

5.3.4 Αποσβέσεις – Πάγια έξοδα

Ένας ακόμη παράγοντας για την αποτίμηση του κόστους των προϊόντων ήταν τα πάγια έξοδα, όπως οι αποσβέσεις αγοράς του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, των εκτάσεων εξόρυξης αργίλου και εγκατάστασης του συγκροτήματος, καθώς επίσης και της κατασκευής των κτιρίων. Η απόσβεση όλων των προαναφερθέντων σε συνδυασμό με τους τόκους που προέκυπταν, επιβάρυναν το κόστος των κεραμιδιών και των τούβλων.

Ανάλογη παραμένει η κατάσταση και στα σημερινά εργοστάσια, κυρίως εξαιτίας της προσπάθειας συνεχούς ανανέωσης του εξοπλισμού, με σκοπό τη βελτίωση της παραγωγής και με τελικό αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων εξόδων.

5.3.5 Πρώτες ύλες

Ένας ακόμη παράγοντας που επηρεάζει την τιμή των προϊόντων είναι η αξία της πρώτης ύλης. Ωστόσο, για την περίπτωση του πλινθοκεραμοποιείου Ν. & Σ. Τσαλαπάτα, το κόστος εξόρυξης από τις περιοχές Διμηνίου και Βελεστίνου και η μεταφορά, με τον ιδιόκτητο συρμό (1^η φάση) ή με φορτηγά αυτοκίνητα (2^η φάση) σε απόσταση 3,5 km έως το εργοστάσιο, δεν ήταν ουσιαστικά. Οι ιδιόκτητες εκτάσεις της επιχείρησης Τσαλαπάτα το καθιστούσαν ασήμαντο σε σύγκριση με τους υπόλοιπους παράγοντες.

Στα σύγχρονα όμως εργοστάσια η αναζήτηση καλής ποιότητας χώματος (αργιλοπυριτικών μιγμάτων) και οι πολλές ποικιλίες προϊόντων, που απαιτούν διάφορες ποιότητες χώματος, δεν επιτρέπουν την εκμετάλλευση μιας μόνο περιοχής. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος για τον οποίο τα εργοστάσια δεν έχουν ιδιόκτητες εκτάσεις εξόρυξης, αλλά αγοράζουν το χώμα από διάφορες περιοχές με συνέπεια να επηρεάζεται αρκετά το κόστος παραγωγής.

5.3.6 Λοιπά έξοδα

Μικρότερο ποσοστό στην αποτίμηση του κόστους των τελικών προϊόντων καταλαμβάνουν επίσης:

- i. Τα έξοδα μεταφοράς και συσκευασίας που αποτελούν αναλογικά μικρή, αλλά μόνιμη δαπάνη ανά παραγόμενο τεμάχιο τούβλου ή κεραμιδιού.
- ii. Γενικά έξοδα, όπως είναι τα χρήματα συντήρησης των κτιριακών εγκαταστάσεων και των αναλώσιμων του εργοστασίου.
- iii. Τα έκτακτα έξοδα, όπως είναι για παράδειγμα οι ζημιές που είχαν προκληθεί στο πλινθοκεραμοποιείο Ν. & Σ. Τσαλαπάτα από το σεισμό του 1956.
- iv. Η αγορά ηλεκτρικού ρεύματος από τη ΔΕΗ μετά το 1960 που οδήγησε στη μείωση κατανάλωσης λιθάνθρακα από τους ατμολέβητες καθώς δεν χρειαζόταν πλέον οι ηλεκτρογεννήτριες. Ωστόσο, δεν επηρέασε την παραγωγική διαδικασία σε όλα τα στάδιά της, καθώς δεν ήταν εφικτό να μεταδοθεί το ρεύμα στο σύνολο του εξοπλισμού.

5.3.7 Αστάθμητοι παράγοντες

Εκτός από τα παραπάνω βασικά στοιχεία, υπήρχε και μια σειρά άλλων που συντελούσαν σε μικρότερο ποσοστό στον καθορισμό του κόστους παραγωγής των προϊόντων. Ορισμένα από αυτά είναι:

- i. Τα κατεστραμμένα, κατά τη διάρκεια παραγωγής τους, προϊόντα και κυρίως τα κεραμίδια, που ήταν και πιο ευαίσθητα σε δημιουργία ρωγμών, τόσο κατά τη διάρκεια της ξήρανσης, εφόσον αυτή δεν γινόταν σωστά, όσο και κατά τη διάρκεια της μεταφοράς ή της εναπόθεσής τους στο φούρνο και τις ξύλινες παλέτες.
- ii. Οι άσχημες καιρικές συνθήκες. Πολλά τούβλα για την ξήρανσή τους τοποθετούνταν σε υπόστεγα στον περιβάλλοντα χώρο του εργοστασίου. Η αυξημένη υγρασία της ατμόσφαιρας είναι βέβαιο πως επιβράδυνε την απορρόφηση της υγρασίας από τα τούβλα, κατάσταση που κάποιες φορές καθυστέρουσε την παραγωγή με αποτέλεσμα την αύξηση στο κόστος του τελικού προϊόντος.
- iii. Η αποθήκευση προϊόντων για μεγάλα χρονικά διαστήματα και η αδυναμία προώθησής τους στο εμπόριο, εξαιτίας διάφορων συγκυριών (αθέμιτος ανταγωνισμός από προϊόντα του εξωτερικού και κυρίως της Σερβίας [28], οικονομική αδυναμία της πλειονότητας των οικογενειών στην Ελλάδα, προώθηση από τους εμπόρους φτηνών αλλά χαμηλότερης ποιότητας οικοδομικών υλικών κ.α.).

6 Συμπεράσματα

Η πλινθοκεραμοποιΐα, μαζί με τη χαλυβουργία και την υαλουργία αποτελούν ίσως τους πιο ενεργοβόρους κλάδους της βιομηχανίας, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που απαιτεί η παραγωγική διαδικασία. Η κατανόηση του προβλήματος της αυξημένης κατανάλωσης καυσίμου που έχει δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις (όξινη βροχή, νέφος, αέρια θερμοκηπίου κ.α.), σε συνδυασμό με την αύξηση του κόστους παραγωγής των προϊόντων που αυτή επιφέρει, οδήγησαν σε εντατικές προσπάθειες για την εξεύρεση λύσης.

Τις τελευταίες δεκαετίες και κυρίως μετά τις δύο ενεργειακές κρίσεις (1973 και 1979) γίνεται προσπάθεια υιοθέτησης πολλών νέων μεθόδων παραγωγής με πρωταρχικό στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας για τη συγκράτηση του κόστους παραγωγής.

6.1 Ιδιαιτερότητες του πλινθοκεραμοποιείου N & Σ Τσαλαπάτα

Ήδη από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ο σχεδιασμός ενεργοβόρων βιομηχανιών στην Ευρώπη συμπεριλάμβανε μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, όπως αποδεικνύεται από τη μελέτη των εγκαταστάσεων του προπολεμικού εργοστασίου N. & Σ. Τσαλαπάτα. Η ιδιαιτερότητα της συμπαραγωγής θερμικής και μηχανικής ενέργειας που εφάρμοζε, η οποία είχε ως αφετηρία την ανάγκη ίδιας παραγωγής ισχύος, εξελίχθηκε σε συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι άλλων αντίστοιχων εργοστασίων που δραστηριοποιούνταν στα πρώτα μισά του 20^{ου} αιώνα, καθώς μείωνε το τελικό κόστος παραγωγής.

Στις ιδιαιτερότητες του πλινθοκεραμοποιείου μπορεί κανείς να προσθέσει τον εξελιγμένο, για την εποχή εκείνη, **ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό [28]**. Η τεχνολογία που εισήχθη από το Βέλγιο και η εμπειρία Ελλήνων και ξένων μηχανικών επέτρεψε την εύρυθμη λειτουργία του εργοστασίου, καθώς έως το 1960 δεν τροφοδοτούνταν με ηλεκτρικό ρεύμα και οι τρεις μορφές ενέργειας που απαιτούνταν (θερμότητα, κίνηση και ηλεκτρισμός) παράγονταν με την καύση μίγματος λιγνίτη και λιθάνθρακα.

Μια ακόμη ιδιαιτερότητα ήταν η **καθετοποίηση της παραγωγής**. Το σύνολο των εργασιών που απαιτούνταν για την παραγωγή (από την εξόρυξη έως το

εμπόριο) πραγματοποιούνταν από το εργατικό δυναμικό του πλινθοκεραμοποιείου και έτσι η παραγωγή δεν μπορούσε να επηρεαστεί άμεσα από κανένα εξωτερικό παράγοντα. Οι ιδιόκτητες εκτάσεις εξόρυξης αργιλοπυριτικών ενώσεων για την παραγωγή των προϊόντων, ο ιδιόκτητος συρμός αρχικά και τα φορητά αυτοκίνητα αργότερα, καθώς επίσης και ο χώρος των 22 περίπου στρεμμάτων εγκατάστασης της μονάδας κατέστησαν εφικτή την καθετοποίηση και ανέδειξαν το πλινθοκεραμοποιείο έναντι άλλων μονάδων εκείνης της εποχής.

6.2 Συμπεράσματα για τη λειτουργία του εργοστασίου

Ολοκληρώνοντας τη συγκεκριμένη εργασία, που ως βασικό στόχο είχε την αποτύπωση και τεκμηρίωση της διαδικασίας παραγωγής με έμφαση στην παραγωγή και κατανάλωση θερμικής ενέργειας, θα πρέπει να γίνει ένας συνολικός απολογισμός. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν, αποτελούν ιστορικές πληροφορίες και ταυτόχρονα μπορούν να δώσουν το έναυσμα για νέες προσπάθειες αποτύπωσης του τρόπου λειτουργίας εργοστασίων, τα οποία χρήζουν ιδιαίτερων χαρακτηριστικών λειτουργίας, όπως ήταν στη συγκεκριμένη περίπτωση η εφαρμογή συμπαραγωγής.

Από το σύνολο της εργασίας, που προέκυψε από εμπειρικές γνώσεις, βιβλιογραφικές αναφορές και επιτόπιες μετρήσεις, εξάγονται για το εργοστάσιο τα εξής συμπεράσματα:

- Εφάρμοσε τη μέθοδο της συμπαραγωγής (φούρνος – ξηραντήρια και ατμολέβητες - ξηραντήρια), μέθοδος που αν και επιφέρει οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη δεν χρησιμοποιήθηκε ευρέως, ούτε εκείνη την εποχή αλλά ούτε και σήμερα.
- Χρησιμοποίησε την κλασική διαδικασία παραγωγής (ζύμωμα, μορφοποίηση, ξήρανση κ.α.), αλλά με πρωτοποριακές για εκείνη την εποχή μεθόδους [28].
- Υπήρχε τακτική και επιμελημένη συντήρηση τόσο των μηχανημάτων (ατμάμαξα, ατμολέβητες), όσο και των κτιριακών εγκαταστάσεων (φούρνος, αίθουσα παραγωγής, ξηραντήρια) και απόδειξη αυτού αποτελεί η διατήρησή τους σε αρκετά καλή κατάσταση μέχρι σήμερα.

Γενικά, τα στοιχεία που προκύπτουν στην παρούσα εργασία βασίζονται σε υπολογισμούς, βασισμένους σε μεγέθη που μετρήθηκαν σε επιτόπιες

επισκέψεις στο συγκρότημα Τσαλαπάτα, καθώς και σε δεδομένα που συλλέχθηκαν με βάση προφορικές συνεντεύξεις αλλά και προσωπικές εκτιμήσεις. Τα παραπάνω στηρίχθηκαν σε αντίστοιχα δεδομένα σημερινών εργοστασίων (κυρίως της BEAK A.E.) και η χρήση τους αντισταθμίζει την έλλειψη εγχειριδίων λειτουργίας στο σύνολο των μηχανημάτων και λογιστικών βιβλίων καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του (1925 - 1977).

Σε αρκετές περιπτώσεις οι υπολογισμοί έγιναν με δύο ή περισσότερους τρόπους ώστε να διασταυρωθούν τα αποτελέσματα. Παρατηρήθηκε ότι οι μεθοδολογίες υπολογισμού και τα αποτελέσματα είναι βάσιμα και μπορούν να στηρίξουν μία συστηματική προσπάθεια ανάδειξης των βασικών χαρακτηριστικών σχεδιασμού και λειτουργίας των κύριων διεργασιών του εργοστασίου, στα πλαίσια του Βιομηχανικού Μουσείου. Δεδομένου ότι ένα επιτυχημένο Βιομηχανικό Μουσείο θα πρέπει να αναδεικνύει ποιοτικά και ποσοτικά τη λειτουργία των βιομηχανικών διεργασιών, και όχι απλά να εκθέτει επιμέρους τμήματα εξοπλισμού με ελλιπή τεκμηρίωση.

6.3 Επίλογος

Η ίδρυση του πρώτου βιομηχανικού μουσείου της χώρας στην πόλη του Βόλου, αποτελεί μια πρόκληση για την τοπική κοινωνία. Το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και συγκεκριμένα το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, προσπάθησε να ανταποκριθεί στην παραπάνω πρόκληση. Αυτή η διπλωματική εργασία αποτελεί δείγμα έμπρακτης συνεισφοράς του Πανεπιστημίου στην προσπάθεια λειτουργίας του μουσείου (για εκπαιδευτικούς αλλά και άλλους ευγενείς σκοπούς). Οι υπολογισμοί που παρουσιάζονται θέτουν τις βάσεις για μια αξιόλογη προσπάθεια ανάδειξης των κύριων βιομηχανικών διεργασιών του Εργοστασίου, με μεγάλες εκπαιδευτικές δυνατότητες.

Η προσπάθεια αυτή έγινε με αρκετές δυσκολίες, δεδομένου ότι το πλινθοκεραμοποιείο είχε αναστείλει τις εργασίες του ήδη από το 1977, και επομένως υπάρχει ένα νεκρό διάστημα 30 περίπου χρόνων με αποτέλεσμα την απώλεια πολλών χρήσιμων δεδομένων λειτουργίας. Αλλά και κατά τη διάρκεια των προηγούμενων εργασιών αποκατάστασης του Πλινθοκεραμοποιείου, (που έλαβαν χώρα την τελευταία πενταετία), δυστυχώς από άγνοια προκλήθηκαν ζημιές σε σωζόμενα τμήματα μηχανολογικού εξοπλισμού, αποξηλώσεις, βαφές

πινακίδων κτλ, οι οποίες δυσκολεύουν πολύ την αποκατάσταση στα πλαίσια του Βιομηχανικού Μουσείου.

Η εργασία αυτή έχει θέσει τις βάσεις για μια σοβαρή προσπάθεια ανάδειξης των εγκαταστάσεων και διεργασιών παραγωγής, όπου ο επισκέπτης του Μουσείου θα μπορεί να παρακολουθεί τα διαδοχικά στάδια της επεξεργασίας και διακίνησης των ενδιάμεσων προϊόντων, ξεκινώντας από τις πρώτες ύλες και φτάνοντας στα τελικά προϊόντα. Απαραίτητη εδώ, σύμφωνα με τις σύγχρονες μουσειολογικές αντιλήψεις, είναι η τεκμηρίωση των επιμέρους φάσεων με αναλυτικούς πίνακες και διαγράμματα ροής, όπου θα φαίνονται τα κύρια ποσοτικά μεγέθη. Επίσης, σημαντική είναι η ανάδειξη της δουλειάς του σχεδιαστή μηχανικού, μέσω της λεπτομερούς παρουσίασης των επιλογών του και της οικονομικής και ποιοτικής σημασίας τους.

Ένα τέτοιο Μουσείο θα ήταν πολύτιμο για την εκπαίδευση μαθητών όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης, με στόχο τη δημιουργία τεχνολογικής κουλτούρας μεταξύ των παιδιών και επίσης την προσέλκυση ικανών νέων στο επάγγελμα του Μηχανικού.

Εδώ θα βοηθούσε επιπλέον η δημιουργία ενός ολοκληρωμένου δικτύου τρόπων προβολής του εργοστασίου με επιτόπιες ξεναγήσεις, διαφήμιση στα μέσα μαζικής ενημέρωσης, ώστε να κινήσει το ενδιαφέρον των πολιτών, είτε αυτοί ενδιαφέρονται για τον ιστορικό πλούτο είτε για ενεργειακά ζητήματα.

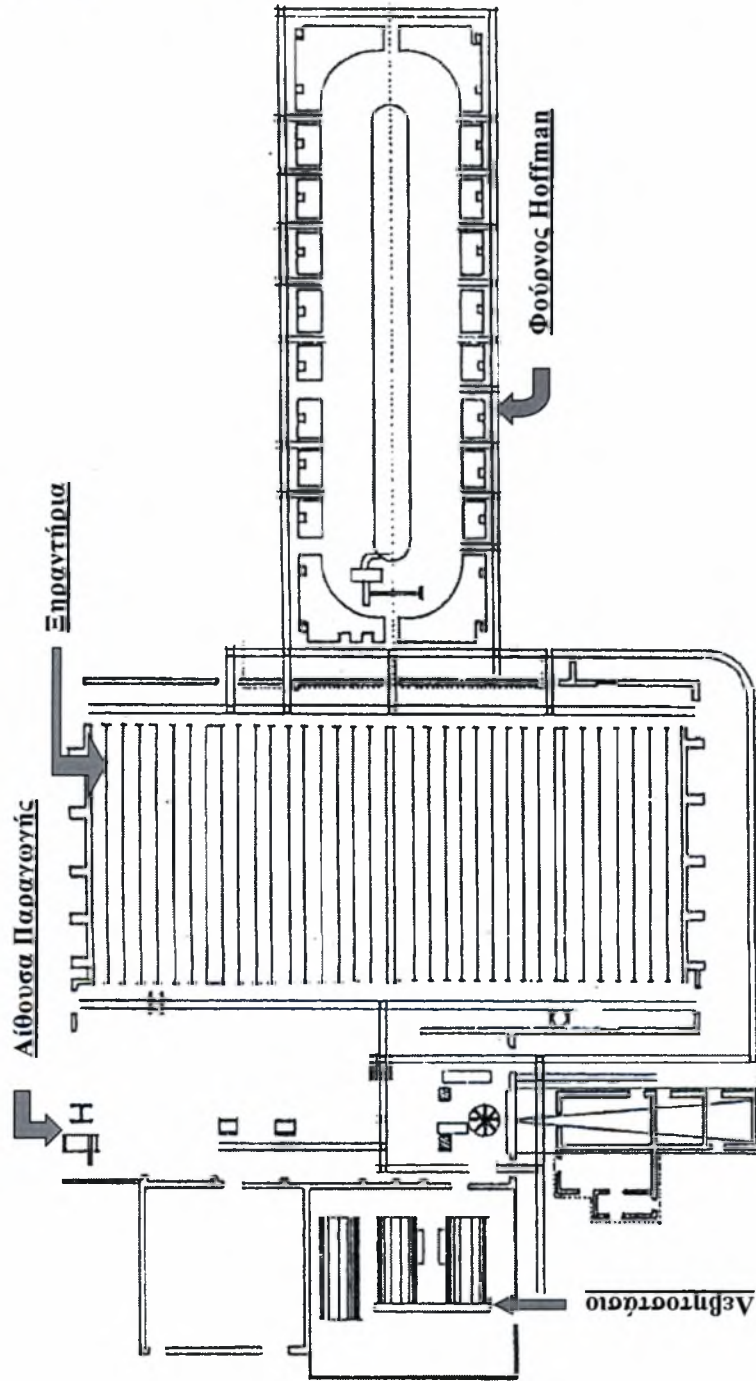
7 Σχέδια εγκαταστάσεων – εξοπλισμού

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια προσπάθεια περιγραφής του εργοστασίου με τη βοήθεια σχεδίων όπως αυτά προέκυψαν από επεξεργασία ήδη υπαρχόντων σχεδίων που είχαν ως μελετητή τον κ. Άρη Τσαλαπάτα και από άλλα, τα οποία δημιουργήθηκαν από επιτόπιες επισκέψεις στο συγκρότημα «Τσαλαπάτα» (εικόνα 7-1).



εικόνα 7-1 Πανοραμική άποψη τμήματος εργοστασίου Ν. & Σ. Τσαλαπάτα

7.1 Απόσπασμα διαγράμματος κάλυψης



Σχήμα 7-1

Τα τέσσερα κυριότερα

τιμήματα του εργοστασίου:

Το **λεβητοστάσιο** που αποτελούσε την καρδιά του εργοστασίου δίνοντας την απαιτούμενη ενέργεια (Μηχανική – Θερμική - Ηλεκτρική).

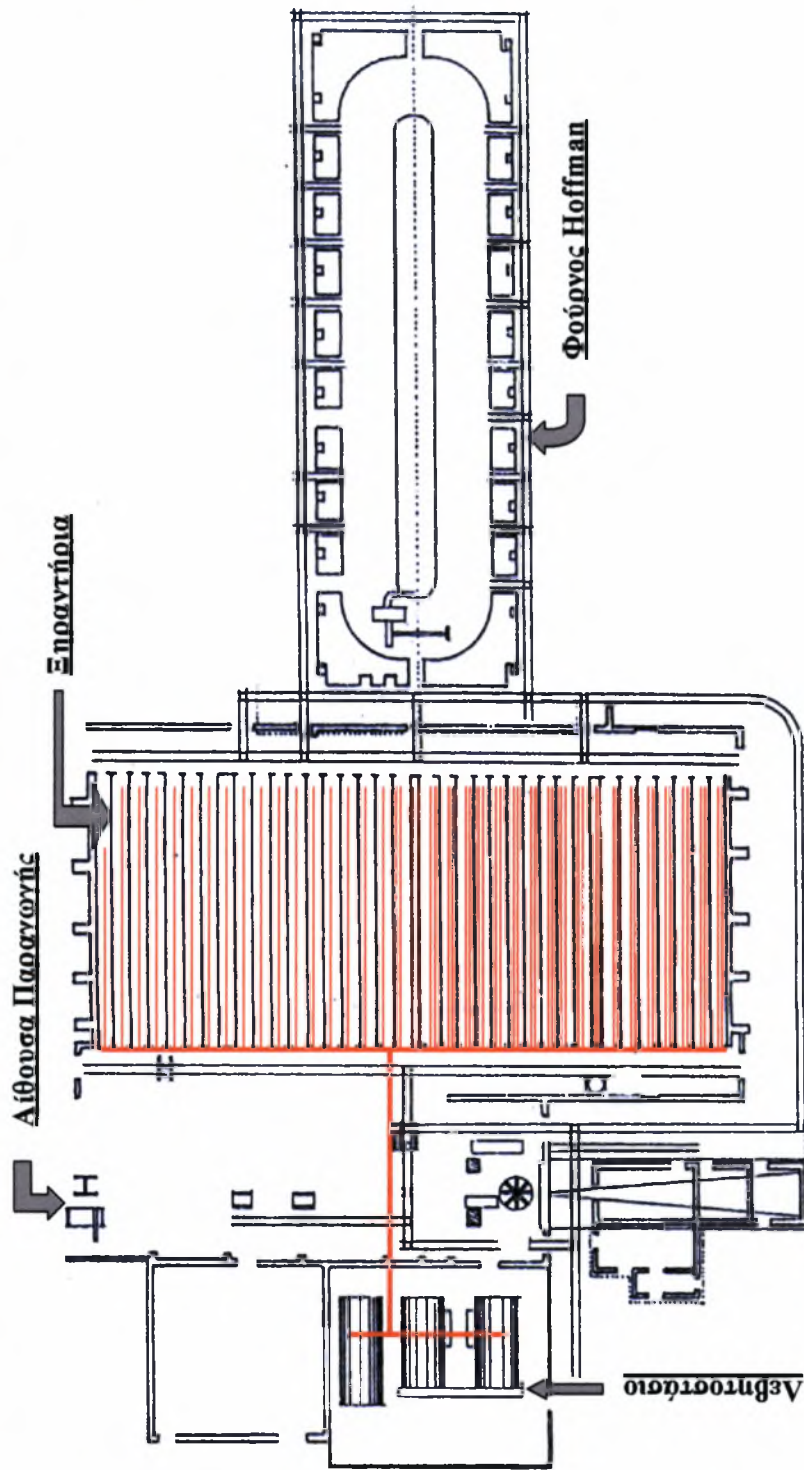
Η **αίθουσα παραγωγής** όπου μορφοποιούνταν τα προϊόντα.

Τα **ξηραντήρια** στα οποία αφαιρούνταν η υγρασία των προς ψήσιμο προϊόντων, και

Ο **φούρνος Hoffman**

όπου γινόταν το ψήσιμο και προέκυπταν τα τελικά προς πώληση τούβλα και κεραμίδια.

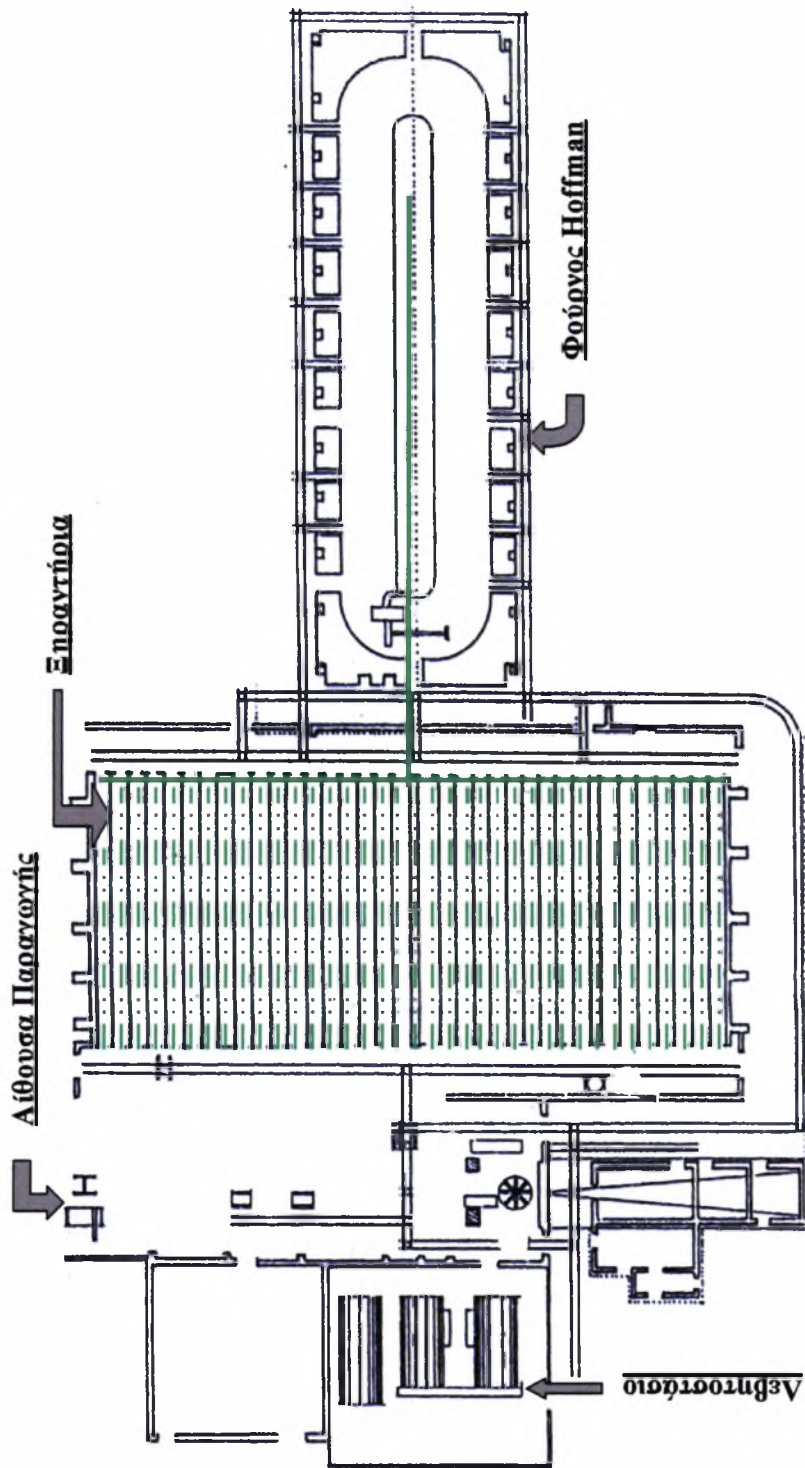
7.1.1 Διάγραμμα κάλυψης πορείας του ατμού από τους ατμολέβητες προς τα ξηραντήρια



Σχήμα 7-2

Με κόκκινο χρώμα διακρίνεται η πορεία που ακολουθούσε ο ατμός από το λεβητοστάσιο προς τα ξηραντήρια με αγωγούς, έτσι ώστε μέσω συναγωγής να μεταδώσει θερμότητα που θα επιταχύνει την ξήρανση.

7.1.2 Διάγραμμα κάλυψης πορείας του θερμού αέρα από το φούρνο Hoffman προς τα ξηραντήρια



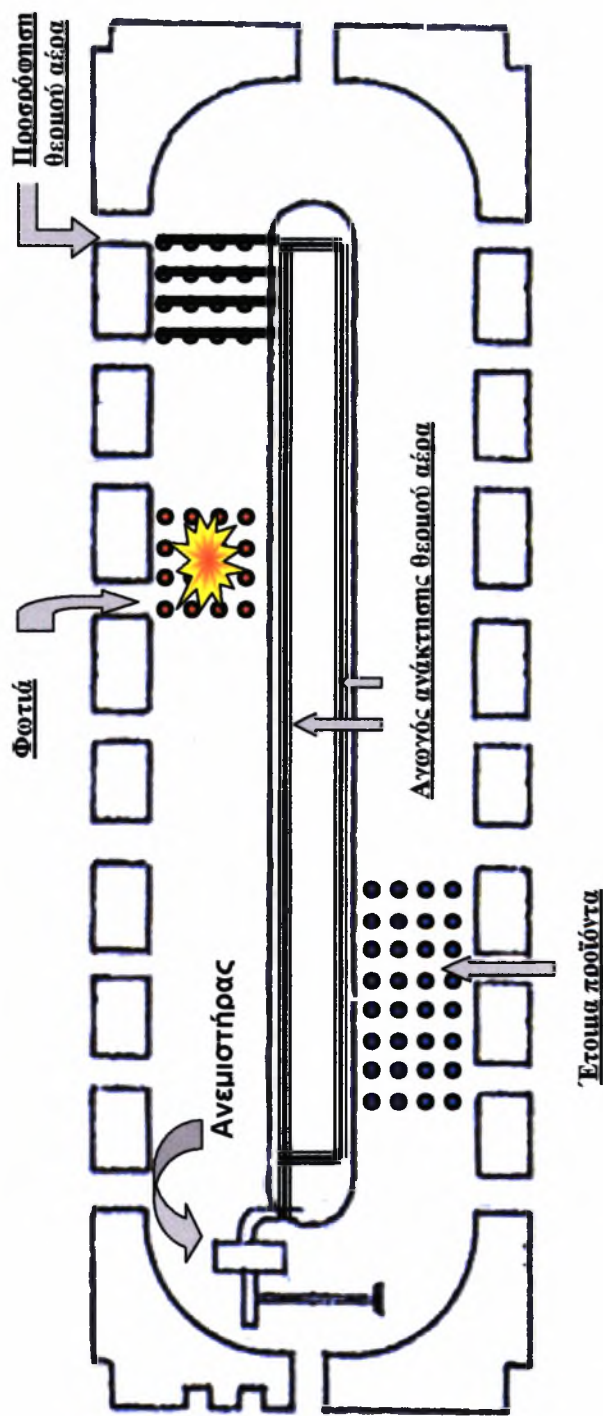
Σχήμα 7-3

Με πράσινο χρώμα διακρίνεται η πορεία που ακολουθεί ο ζεστός αέρας από τον φούρνο Hoffman για να καταλήξει στα ξηραντήρια. Οι αγωγοί μεταφοράς είχαν διάφορες διατομές και στο πάνω μέρος του φούρνου υπήρχε φυσήκτρας για να διευκολύνεται η διαδικασία.

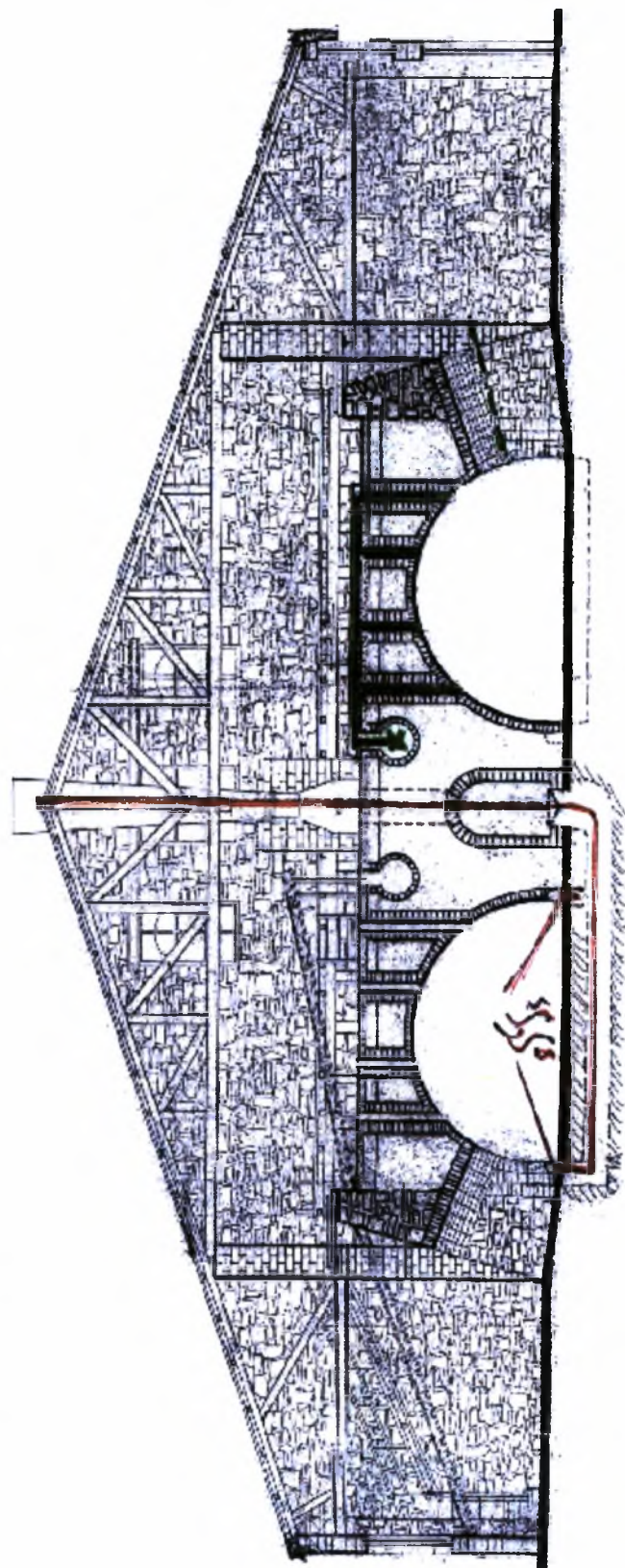
7.2 Λεπτομέρειες φούρνου Hoffmann και εσωτερικού αγωγού ανάκτησης θερμού αέρα από φούρνο (κάτοψη)

Σχήμα 7-4

Διακρίνονται εξ αριστερών για μια τυχαία θέση ο ανεμιστήρας που αναρροφά το θερμό αέρα, τα έτοιμα προϊόντα, ο αγωγός ανάκτησης θερμού αέρα που οδηγείται στα παλαιά ξηραντήρια, η θέση που βρίσκεται η φωτιά και τα ανοίγματα προσρόφησης του θερμού αέρα.



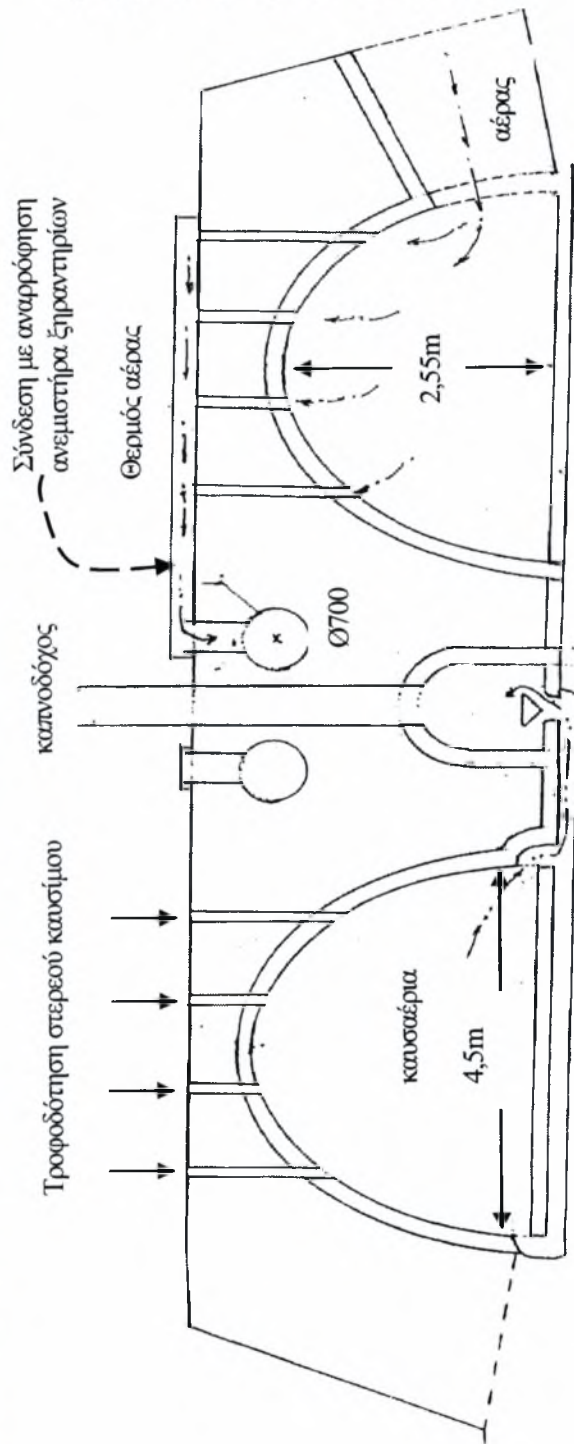
7.3 Εγκάρσια τομή φούρνου Hoffman



Σχήμα 7-5

Διακρίνονται τα δύο ευθύγραμμα παράλληλα και ημικυκλικά τμήματα (οπές) της στοάς του φούρνου που κλείνουν με ημικύκλια στα άκρα. Με κόκκινο χρώμα διακρίνεται ένα τυχαίο σημείο όπου υπάρχει φωτιά και με πράσινο χρώμα στο σημείο που βρίσκεται η φωτιά πριν από δύο ημέρες η απαγωγή του θερμού αέρα.

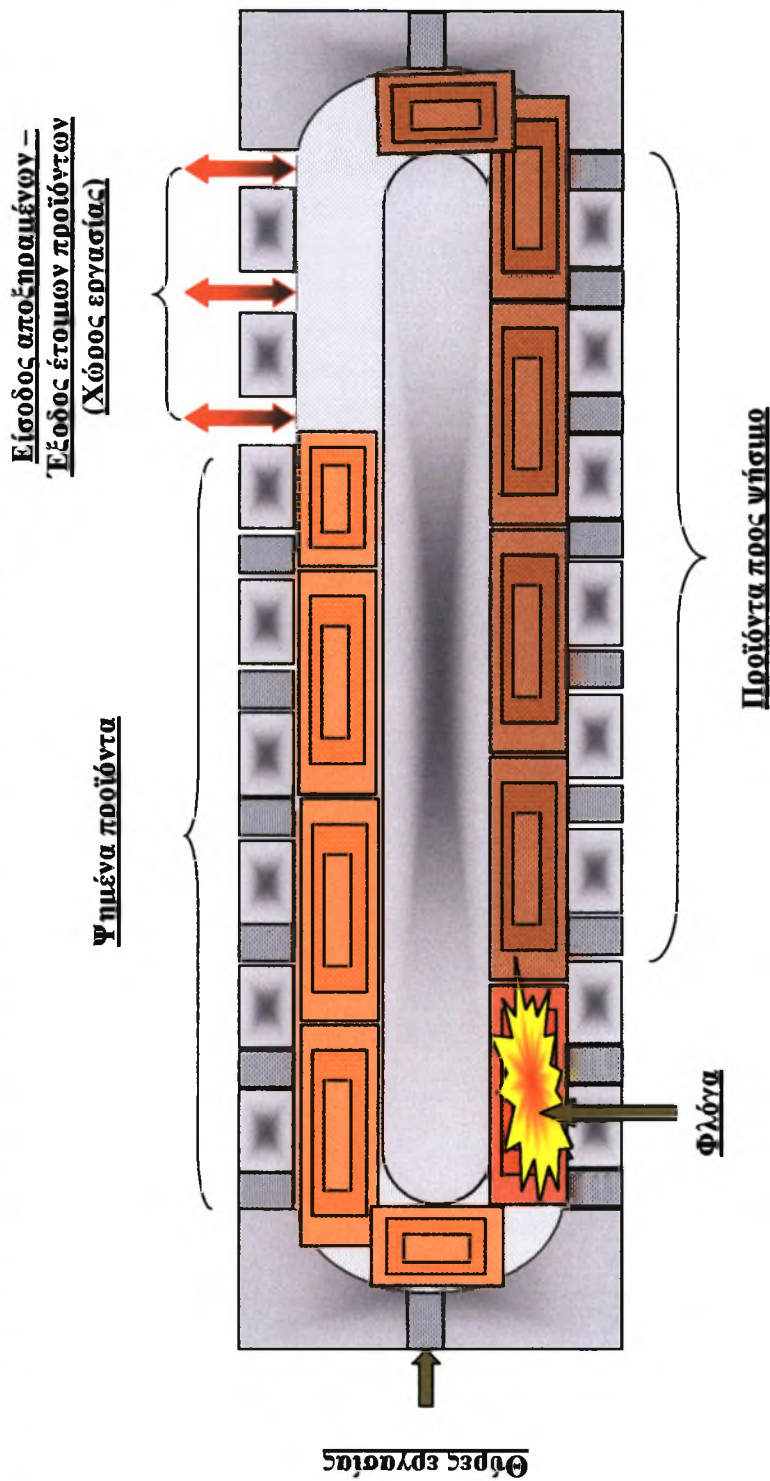
7.3.1 Λεπτομέρειες φούρνου Hoffman και εσωτερικού αγωγού ανάκτησης θερμού αέρα από φούρνο (τομή)



Σχήμα 7-6

Στο μέσον διακρίνεται η **καπνοδόχος** απαγωγής των καυσαερίων, ενώ στο άνω τμήμα διακρίνονται οι **τέσσερις αγωγοί ανάκτησης του θερμού αέρα** που οδηγούνται σε αγωγό $\varnothing 700$ μήκους 20 m έως τον ανεμιστήρα

7.4 Επεξηγηματικό διάγραμμα λειτουργίας φούρνου Hoffman



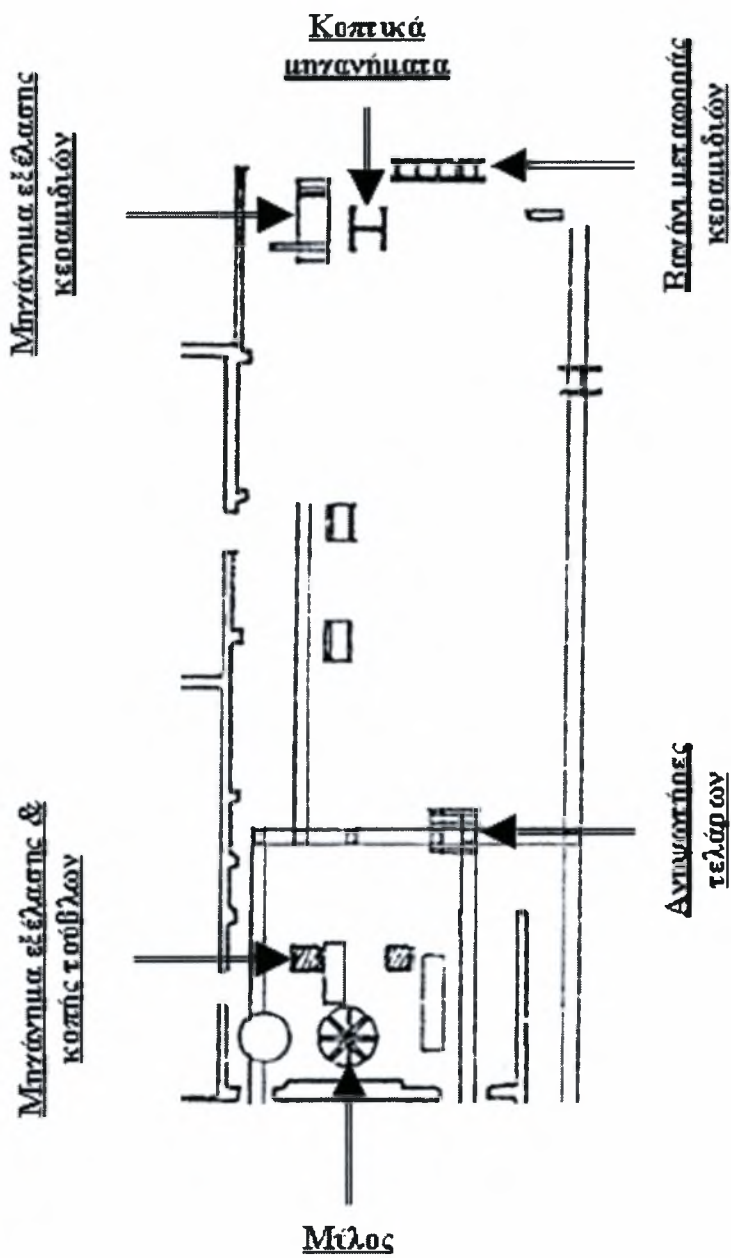
Σχήμα 7-7

Η φλόγα είχε αντίθετη φορά από αυτή των δεικτών του ρολογιού και ένας πλήρης κύκλος της είχε διάρκεια 7 ημέρες. Κάθε μέρα ανοίγονταν 2-3 θύρες εργασίας για τοποθέτηση νέων και συλλογή των έτοιμων προϊόντων, οι οποίες στη συνέχεια ξαναχίζονταν για την αποφυγή απωλειών θερμότητας. Τα προϊόντα μένουν ακίνητα ενώ η εστία μετακινείται.

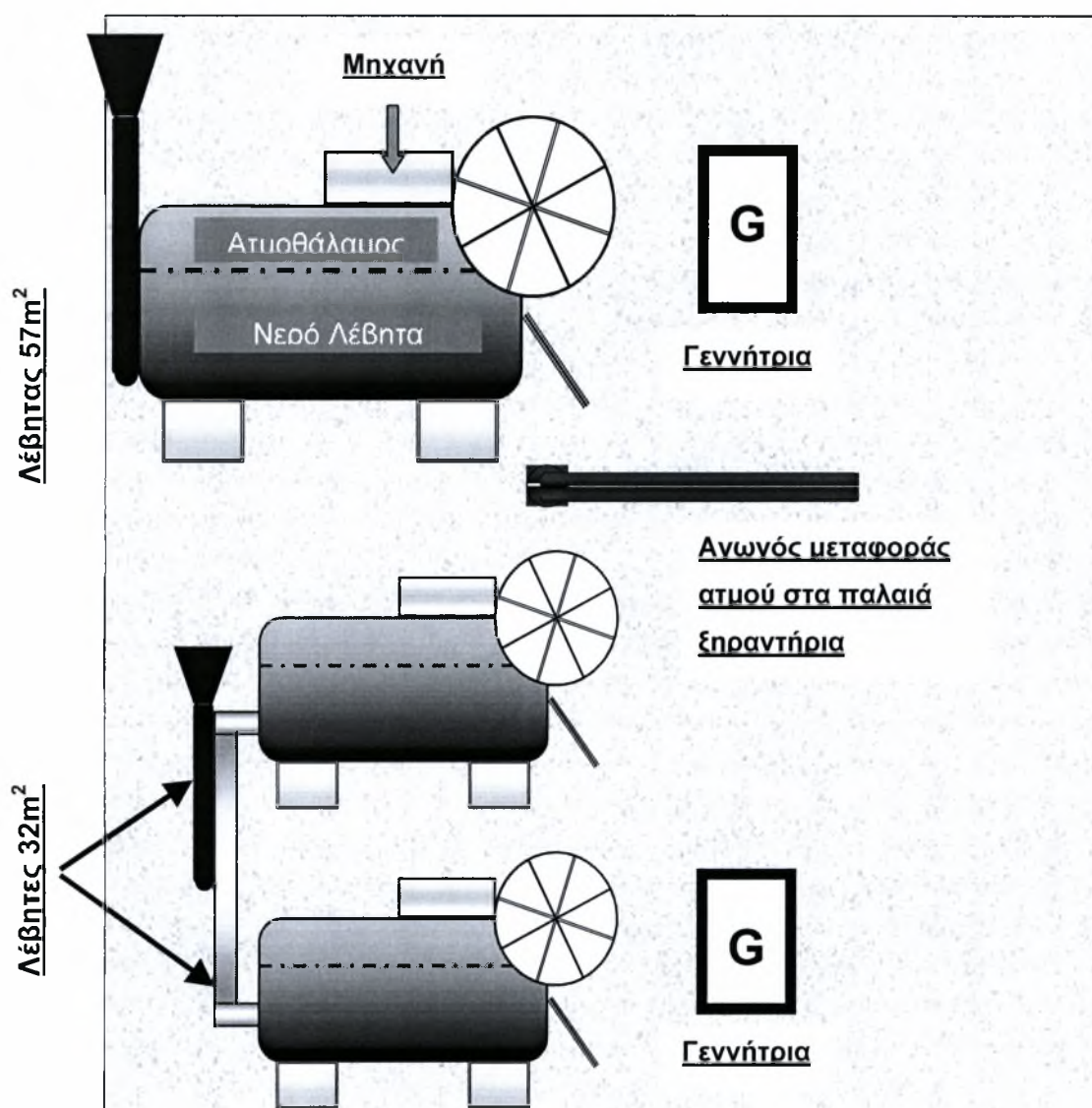
7.5 Αίθουσα παραγωγής

Σχήμα 7-8

Στην αίθουσα παραγωγής υπήρχαν τα μηχανήματα επεξεργασίας της πρώτης ύλης και τελικής μορφοποίησης των προϊόντων.

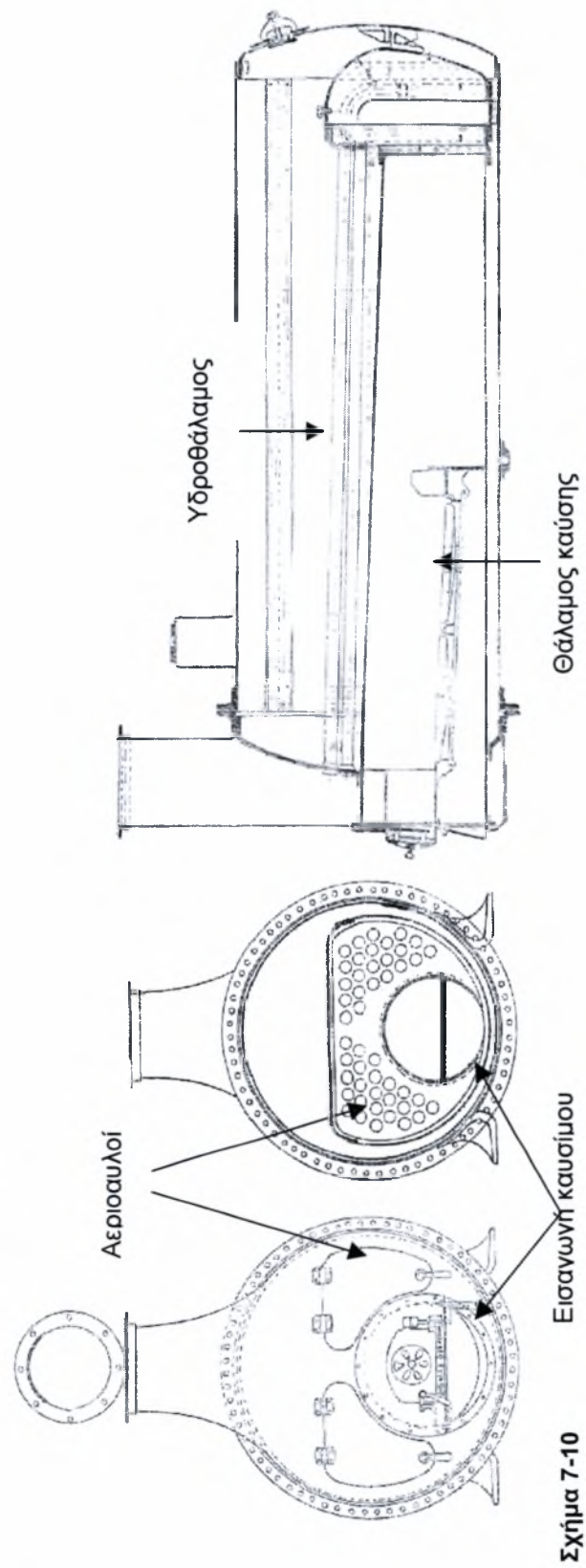


7.6 Λεβητοστάσιο



Σχήμα 7-9 Λεβητοστάσιο όπου διακρίνονται οι τρεις ατμολέβητες μάρκας «Thomas Sauteno», δύο επιφάνειας λέβητα 32m^2 και ένας των 57m^2 , καθώς επίσης ο αγωγός υπόγειας μεταφοράς ατμού από τις δεξαμενές νερού προς τα παλαιά ξηραντήρια. Επίσης διακρίνονται οι δύο γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος για τις ανάγκες του εργοστασίου που έπαιρναν ενέργεια από τις ατμομηχανές μέσω του κύριου άξονα μεταφοράς μηχανικής ισχύος.

7.7 Λέβητες των 32 και των 57 m²



Σχήμα 7-10

Στα επιμέρους τμήματα του λέβητα διακρίνονται οι οπές για την εισαγωγή του αέρα καύσης (αεριοαυλοί) και η οπή για την εισαγωγή του καυσίμου στα δύο πρώτα σχήματα. Στο τρίτο σχήμα ξεχωρίζει ο θάλαμος καύσης (λιθάνθρακα - λιγνίτη), ο υδροθάλαμος που μετέτρεπε το νερό σε κορεσμένο ατμό για την κίνηση του εμβόλου και τη μετάδοση θερμότητας στα ξηραντήρια καθώς και ο αγωγός απαγωγής των καυσαερίων που επέστρεφε από το τέλος του θαλάμου καύσης προς την κύρια όψη του λέβητα για να οδηγηθούν τα καυσαέρια στην ατμόσφαιρα, αφού πρώτα έχουν μεταδώσει μέρος της θερμότητάς τους στο νερό του υδροθαλάμου.

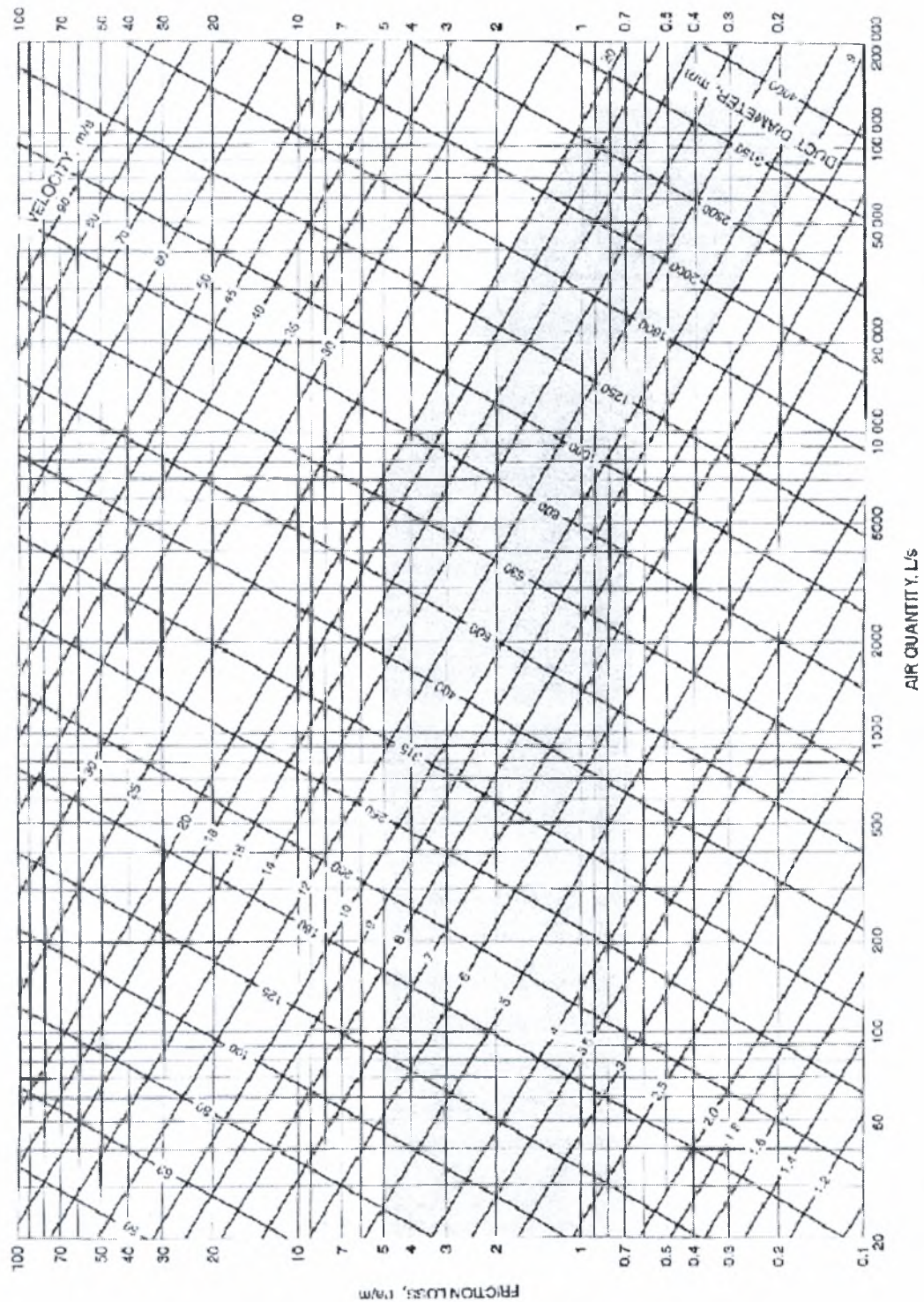
8 Παραρτήματα

Παράρτημα Ι

Πίνακας 8-1 Κατανάλωση καυσίμου ανά ίππο και ώρα λειτουργίας των μηχανών [29]

Είδος Μηχανής	Ίπποι (Hp)	Κατανάλωση ατμού (kg/ Hp*h)		Κατανάλωση καυσίμου (kg /Hp*h)	
		Κορεσμένος	Υπέρθερμος	Κορεσμένος	Υπέρθερμος
Παλινδρομική διπλής εκτόνωσης	50-200	15-20	-	1.85-1.45	-
Παλινδρομική τριπλής εκτόνωσης	400-1000	7.8-6.5	5.9-4.9	0.90-0.73	0.72-0.62
Παλινδρομική τριπλής εκτόνωσης	1000-4000	6.5-6	4.8-4.4	0.72-0.66	0.60-0.55
Παλινδρομική τετραπλής εκτόνωσης	5000-10000	6.4-5.9	4.7-4.3	0.70-0.65	0.59-0.54
Παλινδρομική με ατμοστρόβιλο εξατμίσεων	1000-6000	4.8-4.4	3.6-3.3	0.52-0.48	0.44-0.40

Παράρτημα II



Σχήμα 8-1 Πτώση πίεσης σε αγωγούς κυκλικής διατομής

Παράρτημα IV

Πίνακας 8-3 Πίνακας χαρακτηριστικών φυσητήρων διατομής αναρρόφησης 452mm

ΜΕΓΕΘΟΣ 16 1/2 ΑΠΛΗΣ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΕΩΣ

ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΡΡΟΦ. ΙΣΧΥΣ
HP : .461 (HP)³

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΣ,
M/SEC : 0.0233 X RPM

ΠΤΕΡΩΤΗ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ : 452 MM ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ : 1421 MM	ΣΤΟΜΙΟΝ ΕΞΟΔΟΥ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ : 413 X 385 MM ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ : 0.1475 M ²	ΣΤΟΜΙΟΝ ΑΝΑΡΡΟΦ.	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ : 473 MM ΕΣΩΤ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ : 0.1707 M ²
---------	--	-------------------	--	---------------------	---

ΚΛΑΣΙΣ I

ΚΛΑΣΙΣ II

ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗ ΤΑΧΥΤΗΣ M/SEC :
ΜΕΓΙΣΤΑΙ RPM :

80
2.143

70
3.004

Q	V	6 SP		9 SP		13 SP		16 SP		19 SP		22 SP		25 SP		32 SP		38 SP		45 SP	
		RPM	HP	RPM	HP	RPM	HP	RPM	HP	RPM	HP	RPM	HP	RPM	HP	RPM	HP	RPM	HP	RPM	HP
1351	2.5	471	.04	551	.07	640	.11														
1621	3.0	510	.06	574	.08	665	.13	721	.16	799	.22	847	.25	915	.33						
1892	3.5	555	.07	610	.10	702	.15	749	.18	829	.25	872	.29	944	.37	1022	.46	1101	.56	1193	.71
2162	4.0	601	.09	653	.12	744	.18	786	.22												
2432	4.5	651	.12	699	.15					829	.25	872	.29	915	.33						
2703	5.0	703	.15	747	.19	789	.22	829	.26	867	.29	905	.33	944	.37	1022	.46	1101	.56		
2973	5.5	757	.19	797	.22	836	.26	874	.30	910	.34	945	.38	979	.42	1050	.51	1121	.60	1193	.71
3243	6.0	814	.23	848	.27	885	.31	920	.35	955	.40	988	.44	1021	.48	1084	.57	1148	.66	1214	.77
3513	6.5	870	.28	902	.32	935	.36	968	.41	1001	.46	1033	.50	1064	.55	1123	.64	1181	.74	1241	.84
3784	7.0	928	.34	958	.38	987	.43	1019	.47	1049	.52	1079	.57	1109	.62	1166	.72	1221	.82	1275	.93
4054	7.5	986	.41	1014	.45	1041	.50	1069	.55	1099	.60	1127	.65	1156	.70	1210	.81	1263	.92	1313	1.03
4324	8.0	1044	.48	1071	.53	1097	.58	1121	.63	1148	.68	1176	.74	1203	.79	1255	.91	1307	1.02	1356	1.13
4595	8.5	1103	.57	1128	.62	1153	.67	1176	.72	1200	.77	1226	.83	1252	.89	1302	1.01	1352	1.13	1399	1.25
4865	9.0	1163	.66	1186	.72	1209	.77	1232	.82	1254	.88	1278	.94	1303	1.00	1351	1.12	1397	1.25	1443	1.38
5135	9.5	1221	.76	1245	.82	1267	.88	1288	.94	1310	.99	1330	1.05	1353	1.11	1400	1.24	1445	1.38	1489	1.51
5406	10.0	1281	.88	1304	.94	1324	1.00	1344	1.06	1365	1.12	1385	1.18	1406	1.24	1451	1.38	1494	1.52	1536	1.66
5677	10.5	1341	1.00	1363	1.06	1383	1.12	1403	1.18	1423	1.24	1443	1.30	1463	1.36	1508	1.50	1551	1.64	1593	1.80
5948	11.0	1401	1.12	1423	1.18	1441	1.24	1461	1.30	1481	1.36	1501	1.42	1521	1.48	1566	1.62	1609	1.76	1651	1.92
6219	11.5	1461	1.24	1483	1.30	1501	1.36	1521	1.42	1541	1.48	1561	1.54	1581	1.60	1626	1.74	1669	1.88	1711	2.04
6490	12.0	1521	1.36	1543	1.42	1561	1.48	1581	1.54	1601	1.60	1621	1.66	1641	1.72	1686	1.86	1729	1.98	1771	2.10
6761	12.5	1581	1.48	1603	1.54	1621	1.60	1641	1.66	1661	1.72	1681	1.78	1701	1.84	1746	1.94	1789	2.06	1831	2.18
7032	13.0	1641	1.60	1663	1.66	1681	1.72	1701	1.78	1721	1.84	1741	1.90	1761	1.96	1806	2.04	1849	2.16	1891	2.28
7303	13.5	1701	1.72	1723	1.78	1741	1.84	1761	1.90	1781	1.96	1801	2.02	1821	2.08	1866	2.16	1909	2.26	1951	2.38
7574	14.0	1761	1.84	1783	1.90	1801	1.96	1821	2.02	1841	2.08	1861	2.14	1881	2.20	1926	2.28	1969	2.36	2011	2.48
7845	14.5	1821	1.96	1843	2.02	1861	2.08	1881	2.14	1901	2.20	1921	2.26	1941	2.32	1986	2.40	2029	2.48	2071	2.60
8116	15.0	1881	2.08	1903	2.14	1921	2.20	1941	2.26	1961	2.32	1981	2.38	2001	2.44	2046	2.52	2089	2.60	2131	2.72
8387	15.5	1941	2.20	1963	2.26	1981	2.32	2001	2.38	2021	2.44	2041	2.50	2061	2.56	2106	2.64	2149	2.72	2191	2.84
8658	16.0	2001	2.32	2023	2.38	2041	2.44	2061	2.50	2081	2.56	2101	2.62	2121	2.68	2166	2.76	2209	2.84	2251	2.96
8929	16.5	2061	2.44	2083	2.50	2101	2.56	2121	2.62	2141	2.68	2161	2.74	2181	2.80	2226	2.88	2269	2.96	2311	3.08
9200	17.0	2121	2.56	2143	2.62	2161	2.68	2181	2.74	2201	2.80	2221	2.86	2241	2.92	2286	3.00	2329	3.08	2371	3.20
9471	17.5	2181	2.68	2203	2.74	2221	2.80	2241	2.86	2261	2.92	2281	2.98	2301	3.04	2346	3.12	2389	3.20	2431	3.32
9742	18.0	2241	2.80	2263	2.86	2281	2.92	2301	2.98	2321	3.04	2341	3.10	2361	3.16	2406	3.24	2449	3.32	2491	3.44
10013	18.5	2301	2.92	2323	2.98	2341	3.04	2361	3.10	2381	3.16	2401	3.22	2421	3.28	2466	3.36	2509	3.44	2551	3.56
10284	19.0	2361	3.04	2383	3.10	2401	3.16	2421	3.22	2441	3.28	2461	3.34	2481	3.40	2526	3.48	2569	3.56	2611	3.68
10555	19.5	2421	3.16	2443	3.22	2461	3.28	2481	3.34	2501	3.40	2521	3.46	2541	3.52	2586	3.60	2629	3.68	2671	3.80
10826	20.0	2481	3.28	2503	3.34	2521	3.40	2541	3.46	2561	3.52	2581	3.58	2601	3.64	2646	3.72	2689	3.80	2731	3.92
11097	20.5	2541	3.40	2563	3.46	2581	3.52	2601	3.58	2621	3.64	2641	3.70	2661	3.76	2706	3.84	2749	3.92	2791	4.04
11368	21.0	2601	3.52	2623	3.58	2641	3.64	2661	3.70	2681	3.76	2701	3.82	2721	3.88	2766	3.96	2809	4.04	2851	4.16
11639	21.5	2661	3.64	2683	3.70	2701	3.76	2721	3.82	2741	3.88	2761	3.94	2781	4.00	2826	4.08	2869	4.16	2911	4.28
11910	22.0	2721	3.76	2743	3.82	2761	3.88	2781	3.94	2801	4.00	2821	4.06	2841	4.12	2886	4.20	2929	4.28	2971	4.40
12181	22.5	2781	3.88	2803	3.94	2821	4.00	2841	4.06	2861	4.12	2881	4.18	2901	4.24	2946	4.32	2989	4.40	3031	4.52
12452	23.0	2841	4.00	2863	4.06	2881	4.12	2901	4.18	2921	4.24	2941	4.30	2961	4.36	3006	4.44	3049	4.52	3091	4.64
12723	23.5	2901	4.12	2923	4.18	2941	4.24	2961	4.30	2981	4.36	3001	4.42	3021	4.48	3066	4.56	3109	4.64	3151	4.76
12994	24.0	2961	4.24	2983	4.30	3001	4.36	3021	4.42	3041	4.48	3061	4.54	3081	4.60	3126	4.68	3169	4.76	3211	4.88
13265	24.5	3021	4.36	3043	4.42	3061	4.48	3081	4.54	3101	4.60	3121	4.66	3141	4.72	3186	4.80	3229	4.88	3271	5.00
13536	25.0	3081	4.48	3103	4.54	3121	4.60	3141	4.66	3161	4.72	3181	4.78	3201	4.84	3246	4.92	3289	5.00	3331	5.12
13807	25.5	3141	4.60	3163	4.66	3181	4.72	3201	4.78	3221	4.84	3241	4.90	3261	4.96	3306	5.04	3349	5.12	3391	5.24
14078	26.0	3201	4.72	3223	4.78	3241	4.84	3261	4.90	3281	4.96	3301	5.02	3321	5.08	3366	5.16	3409	5.24	3451	5.36
14349	26.5	3261	4.84	3283	4.90	3301	4.96	3321	5.02	3341	5.08	3361	5.14	3381	5.20	3426	5.28	3469	5.36	3511	5.48
14620	27.0	3321	4.96	3343	5.02	3361	5.08	3381	5.14	3401	5.20	3421	5.26	3441	5.32	3486	5.40	3529	5.48	3571	5.60
14891	27.5	3381	5.08	3403	5.14	3421	5.20	3441	5.26	3461	5.32	3481	5.38	3501	5.44	3546	5.52	3589	5.60	3631	5.72
15162	28.0	3441	5.20	3463	5.26	3481	5.32	3501	5.38	3521	5.44	3541	5.50	3561	5.56	3606	5.64	3649	5.72	3691	5.84
15433	28.5	3501	5.32	3523	5.38	3541	5.44	3561	5.50	3581	5.56	3601	5.62	3621	5.68	3666	5.76	3709	5.84	3751	5.96
15704	29.0	3561	5.44	3583	5.50	3601	5.56	3621	5.62	3641	5.68	3661	5.74	3681	5.80	3726	5.88	3769	5.96	3811	6.08
15975	29.5	3621	5.56	3643	5.62	3661	5.68	3681	5.74	3701	5.80	3721	5.86	3741	5.92	3786	6.00	3829	6.08	3871	6.20
16246	30.0	3681	5.68	3703	5.74	3721	5.80	3741	5.86	3761	5.92	3781	5.98	3801	6.04	3846	6.12	3889	6.20	3931	6.32
16517	30.5	3741	5.80	3763	5.86	3781	5.92	3801	5.98	3821	6.04	3841	6.10	3861	6.16	3906	6.24	3949	6.32	3991	6.44
16788	31.0	3801	5.92	3823	5.98	3841	6.04	3861	6.10	3881	6.16	3901	6.22	3921	6.28	3966	6.36	4009	6.44	4051	6.56
17059	31.5	3861	6.04	3883	6.10	3901	6.16	3921	6.22	3941	6.28	3961	6.34	3981	6.40	4026	6.48	4069	6.56	4111	6.68
17330	32.0	3921	6.16	3943	6.22	3961	6.28	3981	6.34	4001	6.40	4021	6.46	4041	6.52	4086	6.60	4129	6.68	4171	6.80
17601	32.5	3981	6.28	4003	6.34	4021	6.40	4041	6.46	4061	6.52	4081	6.58	4101	6.64	4146	6.72	4189	6.80	4231	6.92
17872																					

Σύμβολο / Σημασία		Διαστάσεις
n:	Βαθμός απόδοσης	-
σ:	Λόγος ηλεκτρικής προς Θερμική ισχύ	-
P:	Πίεση	$ML^{-1}T^{-2}$
T:	Θερμοκρασία	Θ
h:	Ενθαλπία	$L^2 T^{-2}$
s:	Εντροπία	$L^2 T^{-2} \Theta^{-1}$
x:	Ποιότητα ατμού - νερού	-
P:	Ισχύς	$ML^2 T^{-3}$
\dot{m} :	Παροχή	MT^{-1}
\dot{Q} :	Ρυθμός ροής θερμότητας	$ML^2 T^{-3}$
Q:	Ενέργεια	$ML^2 T^{-2}$
H _k :	Θερμογόνος δύναμη	$L^2 T^{-2}$
μ _k :	Ποσότητα καυσαερίου	MT^{-1}
λ:	Λόγος αέρα προς καυσίμο	-
I _{min} :	Στοιχειομετρική ποσότητα αέρα	-
C _p	Ειδική θερμότητα υπό σταθερή πίεση	$L^2 T^{-2} \Theta^{-1}$
N:	Στροφές τροχαλιών	T^{-1}
R:	Ακτίνες τροχαλιών	L
Ø,d:	Διάμετρος	L
A:	Διατομή	L^2
ρ:	Πυκνότητα	ML^{-3}
\dot{V} :	Ογκομετρική παροχή	$L^3 T^{-1}$

Δείκτες / Σημασία

καυσ:	Καυσίμου
min:	Ελάχιστη τιμή
in:	Εισερχόμενο
out:	Εξερχόμενο
air:	Αέρα

Δείκτες / Σημασία

πετ:	Πετρελαίου
κ:	Κάρβουνου
el:	Ηλεκτρική
H:	Θερμική
πετρ:	Πτερυγίων
σωλ.	Σωλήνα

9 Βιβλιογραφία

¹ Σειρά προφορικών περιγραφών και συζητήσεων με τον κ. Άρη Τσαλαπάτα, ο οποίος υπήρξε υπεύθυνος μηχανικός του εργοστασίου στην περίοδο 1953-1975, αλλά και ο τελευταίος ιδιοκτήτης.

² Ιστοσελίδες Ελληνικού Συνδέσμου Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας: www.hachp.gr/htmls/02_01_hachp.htm

³ Ιστοσελίδες εκπαίδευσης στη συμπαγωγή (Διεθνής Οργανισμός Προώθησης της Συμπαγωγής): www.coagen.org/projects/educogen.htm

⁴ Ιστοσελίδες Ελληνικού Συνδέσμου Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας: www.hachp.gr/htmls/Frameset.htm

⁵ Ν. Κολιού, Η Βιομηχανία του Βόλου. Σύντομες αναφορές στο χθες και το σήμερα, Εκδόσεις "Γραφή Α.Ε.", Βόλος

⁶ Dominique Giraud: Pilot Action for Directorate General for Transport and Energy (DG TREN) of the Commission of the European Communities Contract No XVII/4.1031/P/99-115, France, 2002

⁷ Dominique Giraud: Pilot Action for Directorate General for Transport and Energy (DG TREN) of the Commission of the European Communities Contract No XVII/4.1031/P/99-115 (Summary of the Project), France, 2002

⁸ Δελτίο Εμπορικού & Βιομηχανικού Επιμελητηρίου Βόλου Σεπτέμβριος – Οκτώβριος 1935. Αρ.129 – 30

⁹ Γ Πολύζος, Β. Παναγιωτόπουλος, Χ. Αγγριαντώνη, Ν. Μπελαβίλας Ιστορικός & Βιομηχανικός εξοπλισμός στην Ελλάδα, Αθήνα: ΕΜΠ, Οδυσσέας, c1998

- ¹⁰ C. Agrafiotis and T Tsoutsos "Energy saving technologies in the European ceramic sector: A systematic review " 2001
- ¹¹ Energietechnische Arbeitsmappe: VDI Verlag, 14. Auflage, Düsseldorf, 1995. (διαγράμματα υδρατμών): http://www.mie.uth.gr/labs/lte/grk/links/charts/T_s_Dampf.jpg.
- ¹² Ιστοσελίδες του Κεραμοποιείου BEAK A.E.: www.beak.gr
- ¹³ H.D. Baehr: Thermodynamik. 11. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2004.
- ¹⁴ Βασ. Ε. Φραγκούλη: Τεχνική του πλοίου, Τόμος III (Λέβητες και βοηθητικά μηχανήματα). Αθήνα, 1949.
- ¹⁵ VDI Wärmeatlas, 5. Auflage. VDI Verlag, Düsseldorf, 1988
- ¹⁶ Frank P. Incropera, David P. DeWitt: Fundamentals of Heat and Mass Transfer. Fourth Edition, John Wiley and Sons, New York, 1996
- ¹⁷ ASHRAE Handbook, 1997 Fundamentals.
- ¹⁸ J. Merienne, Energy saving in the brick-making industry with the addition of heat-producing waste, Tile Brick Int. 11 (2) (1995) 112-115
- ¹⁹ Kakac Sadik, "Boilers, evaporators and condensers", John Wiley, New York, 1991
- ²⁰ G. Nasseti, G. Maestri, Data bank on energy consumption in the ceramic floor and wall tile industry: applications and energy benchmarking, Ceramica Acta 11 (4) (1999) 25-36
- ²¹ T. Tsoutsos, A. Koras, P. Lockwood, M. da Graca – Carvahlo, N. Katsaros, J. Papon, Energy efficient technologies in high temperature industries, Maxi-

brochure, Thermie Programme, Commission of the European Communities, Directorate-General For Energy (DG XVII), 1998

²² Energy saving in the brick and tile industry. Maxi-brochure, Thermie Programme Action I227, Commission of the European Communities, Directorate-General for Energy (DG XVII), 1998

²³ J. Merriene, Energy – saving in the brick and tile industry, L' Industrie Ceramique 872 (6) (1992) 405 – 412

²⁴ Αριστοκλή Ι. Ιγνατιαδη Λογιστική κόστους, Θεσσαλονίκη, 1978

²⁵ Σ. Πρωτοσυγγελίδης Λογισμός κόστους και βιομηχανική λογιστική, Αθήνα, Ίδρυμα Ευγενίδου, 1984

²⁶ Γεώργιος Π. Κοσμετάτος, Ανάλυση έλεγχος και ελάττωση κόστους, Εκδόσεις κριτήριο, Αθήνα, 1986

²⁷ H. Reh, Tableware and sanitaryware plants follow developments in the tile industry, Ceram. Engng. Sci. Proc. 16 (1) (1995) 103 – 106

²⁸ Δελτίο Εμπορικού & Βιομηχανικού Επιμελητηρίου Βόλου Σεπτέμβριος – Οκτώβριος 1931. Αρ.133 – 34

²⁹ Γ. Φ. Δανιήλ – Κων. Ηρ. Μιμηκόπουλου: Ναυτικοί Ατμολέβητες, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα, 1984.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074693